

Aus dem Institut für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin

Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. M. Fischer, MME (Bern)

**Klassifizierung und Analyse von Fehlern bei der EKG-Beschreibung,  
Befundung und Interpretation**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Katharina Anna Schwehr, geb. Hasch

aus

Bad Tölz

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Martin Fischer, MME (Bern)
Mitberichterstatter:	PD Dr. med. Ines Kaufmann Prof. Dr. med. Erich Kilger
Mitbetreuung durch die promovierten	Dr. med. Daniel Bauer
Mitarbeiter:	Dr. phil. Nicole Heitzmann
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	08.03.2018

## ***Danksagungen***

Mein Dank gilt an erster Stelle meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Martin Fischer für die Ermöglichung, dem Interesse und der Unterstützung dieser Forschungsarbeit. Des Weiteren danke ich Dr. phil. Nicole Heitzmann und Dr. med. Daniel Bauer für die anregenden fachlichen Diskussionen, die ausgezeichnete Betreuung sowie die allzeit schnellen und konstruktiven Anmerkungen. Bedanken möchte ich mich auch bei M. sc. Christian Strobel für die Unterstützung in statistischen Fragen, bei Dr. med. Philip von der Borch für die Hilfe bei der Kodierung sowie bei allen Mitarbeitern des Instituts für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin am Klinikum der Universität München. Darüber hinaus möchte ich mich herzlich bei meiner Schwester Franziska Hasch bedanken, die mir ihre Daten als Ausgangspunkt der Dissertation zur Verfügung gestellt hat und die immer ein offenes Ohr für mich hatte. Ebenso bedanke ich mich bei meiner Familie, die mich während all der Jahre immer liebevoll unterstützt und motiviert hat. Des Weiteren möchte ich meinen Partner Julian Schwehr danken, der mir eine große moralische Stütze war und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG.....	1
<b>2. THEORIETEIL.....</b>	<b>3</b>
2.1. DAS ELEKTROKARDIOGRAMM (EKG) .....	3
2.1.1. <i>Das Elektrokardiogramm als Diagnostikum</i> .....	3
2.1.2. <i>Der Ablauf der EKG Interpretation</i> .....	4
2.1.3. <i>Lehre und Lernen der EKG Interpretation</i> .....	10
2.1.4. <i>Aktuelle Problematik bei der EKG Interpretation</i> .....	13
2.2. FEHLER.....	14
2.2.1. <i>Der Begriff „Fehler“</i> .....	14
2.2.2. <i>Klassifizierung von Fehlern</i> .....	15
2.2.3. <i>Fehler in der Gesellschaft</i> .....	22
2.3. RESÜMEE ZUM THEORIETEIL UND FORSCHUNGSFRAGEN .....	26
<b>3. METHODEN .....</b>	<b>32</b>
3.1. ENTSTEHUNG DER DATEN .....	32
3.1.1. <i>Überblick über die Studie von Hasch</i> .....	32
3.2. STICHPROBENZIEHUNG.....	37
3.2.1. <i>Probandeneigenschaften</i> .....	37
3.3. FEHLERKLASSIFIKATION .....	37
3.3.1. <i>Vorgehen bei der Fehleridentifizierung</i> .....	37
3.3.2. <i>Entwicklung des Kodierschemas</i> .....	38
3.4. FEHLERKODIERUNG.....	44
3.5. AUSWERTUNG DER FEHLERIDENTIFIKATION UND -KLASSIFIKATION .....	47
<b>4. ERGEBNISSE .....</b>	<b>49</b>
4.1. PROBANDENBEFRAGUNG.....	49
4.2. FEHLERIDENTIFIKATION .....	49
4.2.1. <i>Höhe der relativen Fehlerrate</i> .....	49
4.2.2. <i>Häufigkeiten der Kodierungen</i> .....	50
4.2.3. <i>Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber</i> .....	54

4.2.4.	<i>Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason</i> .....	55
4.3.	FEHLERANALYSE.....	56
4.3.1.	<i>EKG Lernfälle</i> .....	56
4.3.2.	<i>Kompetenzniveaus</i> .....	60
4.4.	RÜCKSCHLÜSSE VON FEHLERFORMEN AUF FEHLERARTEN.....	67
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>70</b>
5.1.	FEHLERIDENTIFIKATION .....	70
5.2.	FEHLERANALYSE.....	73
5.2.1.	<i>EKG Lernfälle</i> .....	73
5.2.2.	<i>Kompetenzniveaus</i> .....	75
5.3.	RÜCKSCHLÜSSE VON FEHLERFORMEN AUF FEHLERARTEN.....	78
5.4.	KRITISCHE METHODENREFLEXION .....	79
5.5.	SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DIESER STUDIE.....	82
5.6.	FAZIT.....	84
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>85</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>88</b>
<b>8.</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>92</b>
<b>9.</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>94</b>
<b>10.</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>95</b>
10.1.	EKG LERNFÄLLE AUS DER STUDIE NACH HASCH.....	95
10.1.1.	<i>EKG Lernfall 1</i> .....	95
10.1.2.	<i>EKG Lernfall 2</i> .....	106
10.1.3.	<i>EKG Lernfall 3</i> .....	119
10.1.4.	<i>EKG Lernfall 4</i> .....	131
10.2.	LANGE ANTWORTLISTEN AUS STUDIE NACH HASCH.....	142
<b>10.</b>	<b>EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG</b> .....	<b>146</b>

# **1. Einleitung**

*„Erkenntnis und Irrtum fließen aus denselben Quellen; nur der Erfolg vermag beide zu scheiden. Der klar erkannte Irrtum ist als Korrektiv ebenso erkenntnisfördernd wie die positive Erkenntnis“ [1].*

Ernst Mach (1838-1916)

## **1.1. Problemstellung und Zielsetzung**

Das Elektrokardiogramm (EKG) ist das am häufigsten angewandte Diagnostikum in der Kardiologie [2-5]. Die Auswertung der EKG Kurven erfordert Zeit und Mühe und ist durch die Kompliziertheit durchaus fehlerbehaftet [3, 6-8]. Schwerwiegende Fehler entstehen bei der Befundung in 4 bis 33 % der Fälle [9]. Das liegt unter anderem daran, dass Kardiologen/innen Abnormitäten im EKG nur zu 53 bis 96 % entdecken [9]. Medizinstudierende erkennen nur noch 17 bis 63 % der Pathologien in einem EKG [9]. Somit scheint die Qualität der EKG Interpretation bei Studierenden und Absolventen/innen der Medizin mangelhaft zu sein [3]. Dies empfinden Medizinstudierende ebenso und schätzen deshalb ihre Fähigkeiten bei der EKG Interpretation zu circa 45 % als unbefriedigend oder schlecht ein [4]. Um die Fähigkeiten zu verbessern, wurden bereits verschiedenste Lehrmethoden wie Kleingruppenunterricht, computergestützte Lernprogramme, webbasierte Kurse oder auch YouTube Videos getestet [3, 10-13]. Zwar berichten die meisten Studien positive Effekte erzielt zu haben, aber diese Ergebnisse sind zum Teil schlecht vergleichbar, messen keine nachhaltigen Lerneffekte oder besitzen eine hohe Abhängigkeit von den Lehrenden, sodass keine Aussage getroffen werden kann, ob diese Methoden wirklich zielführend sind [3]. Die Frage, welche der genannten Methoden der EKG Lehre die beste ist, bleibt so bis dato unklar [3, 4]. Da gleichzeitig aber die schlechten Resultate Medizinstudierender persistieren, widmet sich diese Arbeit der Frage, welche Fehler bei der EKG Interpretation genau gemacht werden, um einen gezielteren Ansatz für mögliche didaktische oder curriculare Lösungen zu ermöglichen.

Um Fehler begutachten zu können, ist ein offener und objektiver Umgang mit diesen nötig. Die Voraussetzung dafür schafft die Fehlerforschung, die eine objektive Betrachtung der Fehler durchführt. Fehlerforschung erlaubt die Untersuchung von Fehlern, indem sie das jeweilige Denken

beschreibt, Fehlermuster abbildet und Ursachen bestimmt [14]. Eine Betrachtung von Fehlern bietet den Vorteil, dass diese zur Korrektur, Vermeidung oder Ursachenbeseitigung von Fehlern genutzt werden kann [15, 16]. Zusätzlich birgt sie die Chance, positives Wissen zu stärken und sich negatives Wissen<sup>1</sup> anzueignen [18, 19].

Aus diesen Gründen - Fehlerkorrektur, Fehlervermeidung, Fehlerursachenbeseitigung und Wissensaneignung - wird die Fehleranalyse in dieser Arbeit angewandt. Ziel ist die Identifikation, Klassifizierung und Ursachenbestimmung von Fehlern bei der EKG Interpretation.

---

<sup>1</sup> Durch negatives Wissen wird erkannt, was nicht getan werden darf, wie etwas nicht ist oder nicht funktioniert oder auch welche Strategien, Konzepte oder Theorien falsch sind [17, 18].

## ***2. Theorieteil***

Für die Identifikation, Klassifizierung und Ursachenbestimmung der Fehler bei der EKG Interpretation wird zunächst die Bedeutung, der Ablauf, die Lehre und die aktuelle Problematik der EKG Interpretation vorgestellt. Anschließend wird ein kurzer Überblick über den Fehlerbegriff, die wichtigsten Fehlerklassifikationen und den Umgang mit Fehlern in unserer Gesellschaft gegeben.

### ***2.1. Das Elektrokardiogramm (EKG)***

#### ***2.1.1. Das Elektrokardiogramm als Diagnostikum***

Das Elektrokardiogramm (EKG), das sich aus den altgriechischen Begriffen καρδιά kardía „Herz“ und γράμμα grámma „Geschriebenes“ zusammensetzt [20, 21], ist seit über einem Jahrhundert ein wichtiges Diagnostikum in der Medizin [22]. Dieses Diagnostikum, das zu dem am häufigsten angewandten Untersuchungsmitteln in der Kardiologie zählt [2-5], ist nicht-invasiv, relativ kostengünstig, schmerzlos und schnell durchzuführen [5, 23]. Es misst Spannungen am Herzen über die Zeit und generiert daraus eine Kurve. Dies wird auch an Hand der deutschen Übersetzung des Begriffes mit „Herzspannungskurve“ deutlich [24]. Der geübte Leser kann daraus Rückschlüsse auf die Physiologie des Herzens schließen. Es werden wichtige Parameter (unter anderem Herzfrequenz, Herzrhythmus und Herzlagetyp) erhoben, die sowohl auf primäre und sekundäre Herzveränderungen als auch auf metabolische oder elektrolytische Anomalitäten hindeuten können [5]. Das Elektrokardiogramm wird auch zur Überwachung therapeutischer oder toxischer Medikamenten- und Drogendosen eingesetzt [5]. Es ist das Standarddiagnostikum beim akuten Koronarsyndrom und der chronischen ischämischen Herzkrankheit; zwei Erkrankungen, die für die meisten Todesfälle in Deutschland 2013 verantwortlich waren [25-27]. Das EKG kann sogar der einzige Marker sein, der auf eine Herzerkrankung hindeutet [5].

Die enorme Bedeutung des Diagnostikums als auch die breite Einsatzmöglichkeit sowie die schnelle Verfügbarkeit dürfen aber nicht über die Komplexität der EKG Interpretation hinweg täuschen [28]. Die exakte Interpretation der Herzspannungskurve gehört zu den schwierigsten Methoden der Inneren



Medizin, die Zeit und Mühe kostet [3, 29]. Der Umfang einer korrekten Interpretation wird durch die Darstellung des Ablaufs deutlich.

### ***2.1.2. Der Ablauf der EKG Interpretation***

Für eine korrekte EKG Interpretation wird die aufgezeichnete Herzspannungskurve analysiert und die gewonnenen Daten verarbeitet. Es werden Stromkurvenverläufe und pathologische Muster erkannt, EKG Befunde benannt und mit Hilfe klinischer Daten mögliche Differentialdiagnosen und eine Arbeitsdiagnose gestellt [28, 30-35]. Nach Planung und Durchführung weiterer diagnostischer und/oder therapeutischer Maßnahmen ist die Bearbeitung des Patientenfalles meist abgeschlossen [36-38].

Damit der gesamte Vorgang besser verstanden und analysiert werden kann, empfiehlt es sich, den Prozess in Abschnitte zu unterteilen. Eine Gliederung von Prozessen in Einzelabschnitte hilft Abläufe zu vereinheitlichen und klare Schnittstellen zu schaffen [39]. Da es bisher kein Modell für die EKG Interpretation gibt, das den kompletten Prozess der Bearbeitung eines Patientenfalles innerhalb einer EKG Untersuchung zeigt, muss auf ein anderes Modell zurückgegriffen werden. Allgemeine Modelle der medizinischen Problemlösung eignen sich dafür, da sie umfassend die Teilschritte der Kognition und Handlung während der Bearbeitung eines Falles aufzeigen. Anhand der allgemeinen Teilschritte wird der Prozess anschließend auf die EKG Interpretation übertragen.

#### ***2.1.2.1. Modell nach Levett-Jones***

Der Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns von Levett-Jones ist ein Modell der medizinischen Problemlösung, das sich mit dem allgemeinen klinischen Schlussfolgern beschäftigt und somit in verschiedene medizinische Vorgänge übertragen werden kann [40]. Das Modell führt die Teilschritte des Prozesses ausführlich anhand eines Kreislaufs auf und unterscheidet dabei acht Phasen (vgl. Abbildung 1: Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns [40] 1).

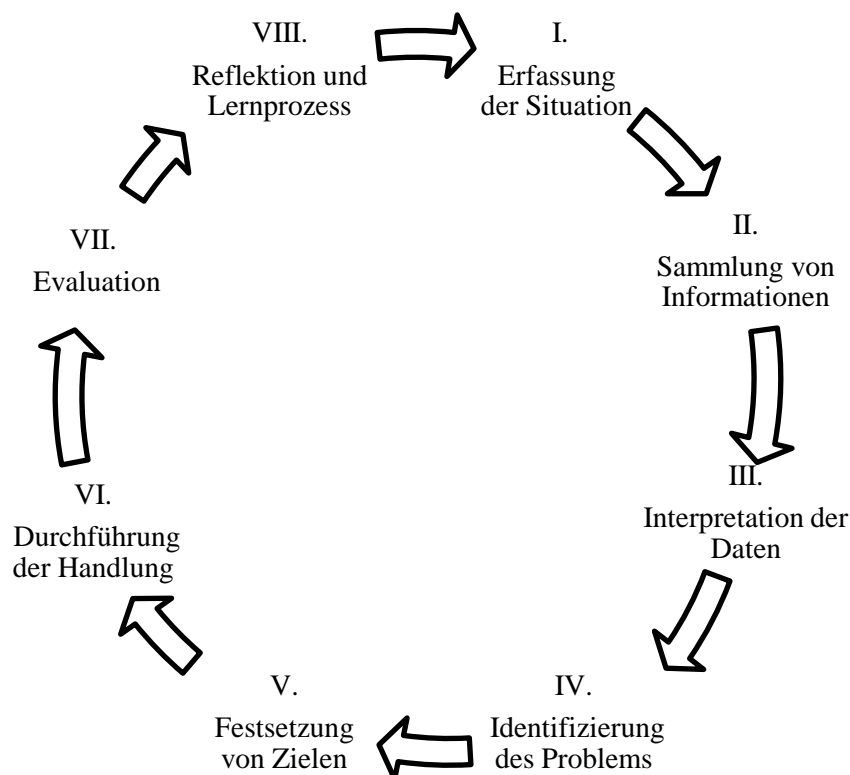


Abbildung 1: Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns [40]

Die acht Phasen des klinischen Schlussfolgerns lassen sich mit Hilfe eines kardiologischen Beispiels [36] näher erläutern. Zu Beginn des klinischen Schlussfolgerns werden die aktuelle Situation, das Setting, Begleitumstände und Patienteneigenschaften, wie Geschlecht, Alter und der aktuelle geistige und körperliche Zustand, erfasst. Es wird objektiv die aktuelle Lage mit anwesenden Personen, Gegenständen, Umständen und Fakten wahrgenommen (I.) [40]. Beispielhaft erkennt ein/e Notarzt/ärztin einen circa 60 Jahre alten Mann in einem Park, der stark schwitzt, sich mehrfach erbricht und alleine ist. Der Mann ist übergewichtig, verhält sich unruhig und wirkt ängstlich [36].

Nach der Erfassung der aktuellen Situation werden patientenrelevante Daten mit Hilfe von Vorbefunden, Anamnese, körperlicher Untersuchung und weiterer diagnostischer Tests gesammelt (II.) [40]. Demgemäß wird der Patient in den Rettungswagen gebracht und dort eine Anamnese erhoben, eine körperliche Untersuchung durchgeführt und ein EKG abgeleitet. Bei der Anamnese berichtet der Patient, dass er seit etwa 30 Minuten kontinuierliche, atemunabhängige, starke Brustschmerzen habe, die in seinen linken Arm ausstrahlen. Er sei Raucher, nehme keine Medikamente ein und habe eine unauffällige medizinische Vorgeschichte. Die Untersuchung des Herzens, der Lunge und des Magen-Darm-Traktes sowie des Erbrochenen bleibt ohne pathologischen

Befund. Es werden aber ein Blutdruck von 165/95 mmHg, eine Herzfrequenz von 65/min und eine Körpertemperatur von 36,8 °C (oral) gemessen. Bei der EKG Interpretation fallen ST-Hebungen in den Ableitungen II, III, aVF und ST-Senkungen in I, aVL und aVR auf [36].

Nach Sammlung der Informationen erfolgt die Dateninterpretation. Es wird zwischen pathologischen und physiologischen, sowie relevanten und irrelevanten Daten unterschieden. Zusammenhänge werden erkannt, sowie die gesammelten Daten mit bereits bekannten Befunden oder Konstellationen verglichen (III.) [40]. Der/die Arzt/Ärztin erkennt, dass der Patient aktuell unter atemunabhängigen Thoraxschmerzen leidet, sowie hyperten und normofrequent ist. Hinweise auf Fieber oder Hämatemesis finden sich nicht. Im EKG zeichnet sich eine Erregungsrückbildungsstörung im Bereich der Herzhinterwand ab. Das Übergewicht, der Zigarettenabusus, das Erbrechen, das Schwitzen, die Brustschmerzen, die erhöhten Vitalparameter und die ST-Hebungen könnten mit dem Gastrointestinaltrakt, dem Herzen oder der Lunge zusammenhängen [36].

Nach der Interpretation der gesammelten Daten werden Differentialdiagnosen generiert und die Arbeitsdiagnose identifiziert. Wenn dann eine Vorhersage über den klinischen Verlauf gestellt werden kann, wird die Phase der Problemidentifizierung erreicht (IV.) [40]. Als mögliche Differentialdiagnosen kommen unter anderem Angina Pectoris, Perikarditis, Aortendissektion, Lungenembolie, Pneumothorax oder auch eine Ösophagusruptur in Frage. Angina Pectoris wird wegen der Schmerzen, die länger als 5 Minuten andauern und auch in Ruhe vorhanden sind, ausgeschlossen. Gegen eine Perikarditis sprechen das fehlende Fieber und der atemunabhängige Schmerz. Eine Aortendissektion würde eher mit einer Schmerzausstrahlung in Nacken, Rücken oder Beine einhergehen. Lungenembolie und Pneumothorax werden wegen der fehlenden Dyspnoe und dem fehlenden Husten als weniger wahrscheinlich betrachtet. Bei einer spontanen Ösophagusruptur wäre eher ein schwallartiges, zum Teil blutiges Erbrechen zu erwarten. Die kardiovaskulären Risikofaktoren des Patienten, die arterielle Hypertonie, die Schmerzcharakteristika sowie die Ischämiezeichen der Herzhinterwand im EKG deuten darauf hin, dass das akute Koronarsyndrom mit Myokardinfarkt die wahrscheinlichste Diagnose ist [36].

Nach der Diagnosestellung werden die weiteren Maßnahmen mit den gewünschten Zielen geplant und in der nächsten Phase werden die Handlungen auch ausgeführt (V. & VI.) [40]. Der Patient wird mit

dem Oberkörper hoch gelagert, bekommt Antiemetika, Morphin und eine Sedierung, um die aktuelle Symptomatik zu verbessern. Zur Linderung der myokardialen Problematik wird Glycerolnitrat und Sauerstoff verabreicht und die Blutgerinnung wird mit Hilfe von Aspirin und Heparin gehemmt. Gleichzeitig wird der Transport in ein Krankenhaus mit Herzkatheterlabor begonnen. Dort werden eine Akut-PTCA mit Stentimplantation sowie eine anschließende intensivmedizinische Überwachung angemeldet [36].

Am Ende der Kreislafs wird die Effektivität evaluiert und der Fall reflektiert, um Verbesserungsmöglichkeiten identifizieren zu können (VII. & VIII.) [40]. Nach Abschluss der Behandlung des Patienten mit der myokardialen Problematik werden die ausgeführten Handlungen evaluiert, ob diese auch zielführend waren. Nach der Entlassung des Patienten wird der Fall reflektiert und Gutes und Schlechtes bei der Fallbearbeitung beleuchtet. Aus vorgefallenen Fehlern wird abschließend gelernt. Neues Wissen wird bei dem nächsten Fall angewandt, sodass sich der Kreislauf an dieser Stelle schließt [36].

#### ***2.1.2.2. Ablauf der EKG Interpretation***

Da der Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns die allgemeinen Teilschritte einer medizinischen Problemlösung beschreibt, lässt dieser sich auch auf den spezifischen Ablauf einer EKG Interpretation übertragen. Um die acht Teilschritte des Kreislafs des klinischen Schlussfolgerns bei der EKG Befundung objektiv beurteilen zu können, werden die Teilschritte in vier Kompetenzniveaus untergliedert. Die acht Schritte des Kreislafs klinischen Schlussfolgerns (I.-VIII.) und die Untergliederung in die vier Kompetenzniveaus (K1-K4) werden nun anhand der EKG Befundung aufgezeigt (vgl. Abbildung 2).

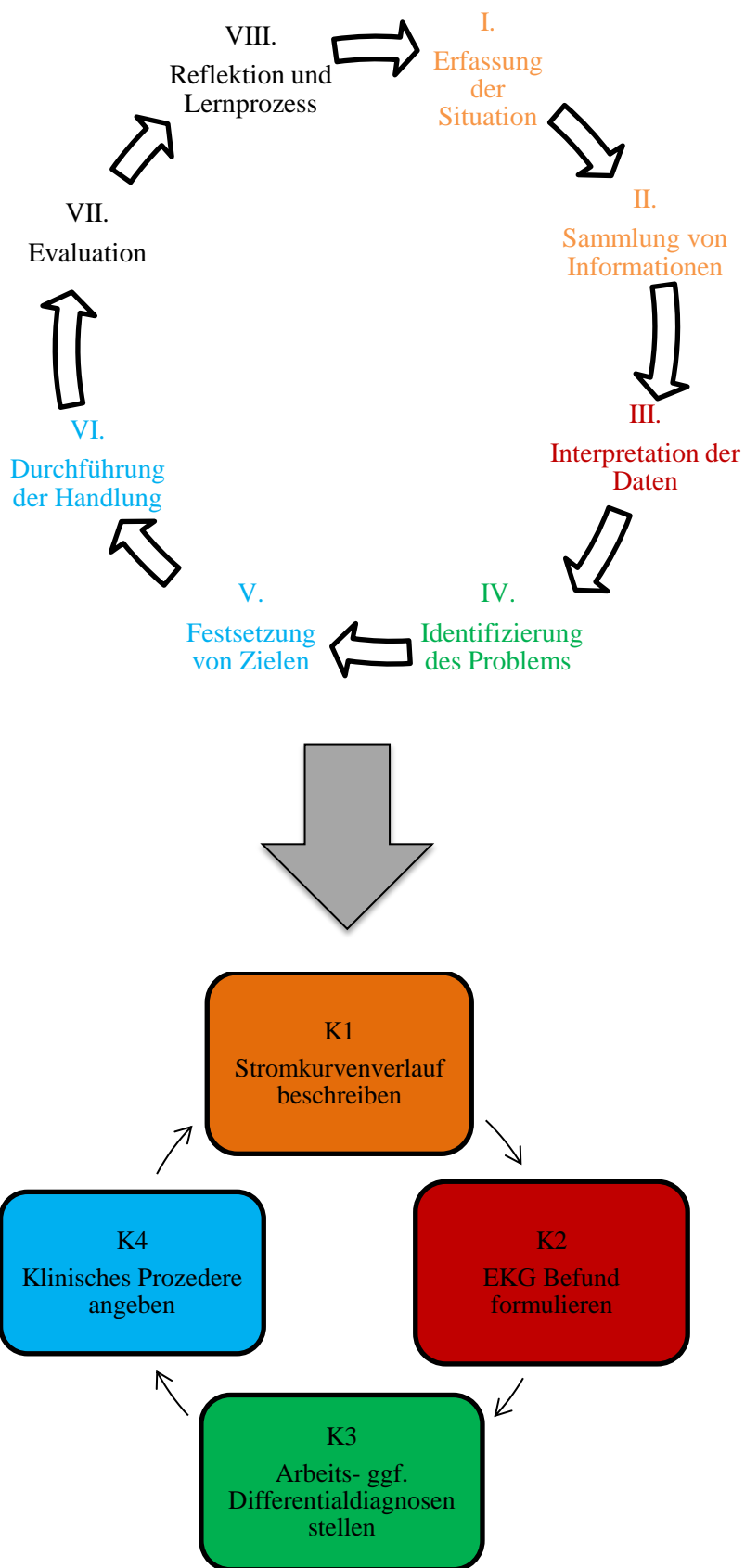


Abbildung 2: Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns [40] mit Untergliederung in die vier Kompetenzniveaus [41]

Beim Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns werden mit den ersten zwei Schritten die aktuellen Gegebenheiten erfasst. Es werden also mit Hilfe der Anamnese, mitgebrachter Vorbefunde und dem

Überweisungsschein die aktuelle Situation des/r Patienten/in, der zur EKG Untersuchung kommt, erfasst (I.). Anschließend wird ein Elektrokardiogramm abgeleitet und alle Informationen gesammelt, die durch die Vermessung und Betrachtung der Stromkurvenverläufe auffallen (II.) [40]. Bei der Durchführung einer EKG Interpretation lassen sich als Ergebnis dieser Schritte die Beschreibungen der Stromkurvenverläufe objektiv nachvollziehen (K1) [41].

Im dritten Schritt beim Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns werden die gesammelten Informationen interpretiert. Es wird zwischen pathologischen und physiologischen, sowie relevanten und irrelevanten Daten unterschieden. Zusammenhänge werden erkannt sowie die gesammelten Daten mit bereits bekannten Befunden oder Konstellationen verglichen (III.) [40]. Bei der EKG Interpretation lassen sich als Ergebnis dieses Schrittes die Formulierung eines EKG Befundes objektiv nachvollziehen (K2) [41].

Nach der Interpretation der gesammelten Daten werden Differentialdiagnosen generiert und die Arbeitsdiagnose identifiziert. Wenn dann eine Vorhersage über den klinischen Verlauf gestellt werden kann, wird die Phase der Problemidentifizierung erreicht (IV.) [40]. Der EKG Befund wird in Zusammenschau mit weiteren Informationen aus Anamnese, Vorbefunden, Überweisungsschein und aktueller Situation des/r Patienten/in betrachtet und Verdachts- und Differentialdiagnosen generiert. Diese werden dann bestätigt oder widerlegt, bis eine Arbeitsdiagnose identifiziert werden kann. Die angegebene Arbeitsdiagnose und ggf. geprüften Differentialdiagnosen lassen sich als Ergebnis dieses Schrittes objektiv gut beurteilen (K3) [41].

Sobald eine Arbeitsdiagnose identifiziert wurde, wird das weitere Prozedere mit den gewünschten Zielen geplant und durchgeführt (V. & VI.) [40]. Objektiv beurteilen lassen sich als Ergebnis dieser Schritte die angegebenen Maßnahmen, die durchgeführt werden (K4) [41].

Die anschließende Evaluation, Reflektion und der Lernprozess aus dem bearbeiteten Fall, lassen sich als rein kognitiver Prozess im klinischen Alltag kaum nachvollziehen (VII. & VIII.) [40]. Aus den Gründen der schwierigen Identifizierung, Objektivierung und Klassifizierung der Evaluation und Reflektion, wurde für diese Schritte kein Kompetenzniveau erstellt.

Zusammenfassend wurde der Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns von Levett-Jones als Modell der medizinischen Problemlösung auf die EKG Interpretation übertragen und mit Hilfe der

Kompetenzniveaus von Höger in die objektiv beurteilbaren Schritte untergliedert [41]. Damit konnte aufgezeigt werden, dass für eine korrekte Interpretation eine Analyse der aufgezeichneten Herzspannungskurve und eine Verarbeitung der gewonnenen Daten von Nöten ist. Es werden Stromkurvenverläufe und pathologische Muster erkannt (K1), EKG Befunde benannt (K2) und mit Hilfe weiterer Daten mögliche Differentialdiagnosen generiert und eine Arbeitsdiagnose gestellt (K3) [28, 30-35, 41]. Nach Planung und Durchführung der weiteren therapeutischen Maßnahmen ist die Bearbeitung des Falles meist abgeschlossen (K4) [36-38, 41].

### ***2.1.3. Lehre und Lernen der EKG Interpretation***

Der Ablauf der EKG Interpretation zeigt die Vielzahl an Teilschritten und den hohen Anspruch an den/die Befunder/in auf. Um den Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns im Arbeitsalltag möglichst fehlerfrei anwenden zu können, werden bereits während des Studiums die Teilschritte gelehrt. Denn jede/r Berufsanfänger/in sollte die Basiskenntnisse besitzen, sodass er/sie lebensbedrohende Befunde erkennen kann [3]. Am Ende der medizinischen Ausbildung sollten also die wichtigsten Kompetenzen für die Interpretation mit Hilfe verfügbarer Lehrmethoden vermittelt worden sein. Diese Kompetenzen und die möglichen Lehrmethoden werden nun näher betrachtet.

#### ***2.1.3.1. Kompetenzen für die EKG Befundung***

Für die Bewältigung von komplexen Anforderungen, wie sie bei der EKG Befundung vorkommen, werden „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten [...], sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften [...]“ benötigt [42].

Als kognitiv erlernbare Fähigkeit sollte das Wissen über das Prinzip der technischen Aufzeichnung des Elektrokardiogramms vorhanden sein, um die Entstehung der Stromkurven nachvollziehen zu können [43]. Ein Basiswissen über die Anatomie und Physiologie des Herzens ist notwendig, um die Stromkurven zuordnen und die Pathophysiologien verstehen zu können [7, 28, 30-35, 43]. Die Kenntnis über Sensitivität und Spezifität ist für die Dateninterpretation relevant, um pathologische Befunde richtig deuten zu können [5, 43]. Dies ist besonders schwierig, weil jede Stromkurve eine

eigene Sensitivität und Spezifität hat [5]. Das Wissen über Indikationen und Limitationen der EKG Befundung spielen in der Praxis eine entscheidende Rolle, um Überdiagnostizieren zu vermeiden [43]. Die Fähigkeit, eigenes Wissen und Wissenslücken identifizieren zu können, ist wichtig für den Lernprozess und kann zur Verbesserung des eigenen Könnens führen. Gute zwischenmenschliche und kommunikative Fähigkeiten sollte jeder Arzt/Ärztin im Umgang mit den Patienten/innen und dem Kollegium besitzen [43].

Erfahrung spielt eine wichtige Rolle beim Abwägen der Differentialdiagnosen anhand der EKG Befunde und klinischer Symptomatik, sowie bei der Planung der weiteren klinischen Handhabung nach Stellung der Arbeitsdiagnose [5, 7]. Die erforderliche Professionalität im Umgang mit Patienten/innen und Kollegen/innen wird meist durch Erfahrung erlangt [43].

Praktische Fertigkeiten sind gefragt bei der Generierung der EKG Kurve. Ein/e Experte/in sollte vertraut mit dem Instrumentarium sein, um ein EKG schreiben, prozessieren und in analoger und digitaler Form speichern zu können [43]. Die Effekte von Aufnahmeraten und Filterfunktionen sollten verstanden worden sein und elektronische Abweichungen, Artefakte oder Fehler bei der Aufzeichnung erkannt werden [5, 7]. Zusätzlich sollten die Fertigkeiten, die Stromkurven sowohl in der digitalen als auch in der analogen Form vermessen und Parameter berechnen zu können, vorhanden sein [43]. Des Weiteren werden Fertigkeiten benötigt, um charakteristische Muster der Stromkurvenverläufe erfassen und diese als normwertig oder abnormal einordnen zu können [5]. Ein/e Kardiologe/in sollte familiär mit physiologischen Varianten und pathologischen Mustern sein, die mit angeborenen oder erworbenen Herzerkrankungen oder Formen der Arrhythmien assoziiert sind. Zusätzlich sollten Schrittmacher- und Defibrillator-EKG Kurven erkannt werden [43].

#### **2.1.3.2. *Lehrmethoden***

Für die Vermittlung dieser Kompetenzen kommen verschiedene Lehrmethoden in Frage. Schon lange etablierte Formate sind Vorlesungen, Seminare und das Selbststudium [3, 5, 43]. Auch Workshops, Konferenzen, Journal Clubs, interdisziplinäre Fallkonferenzen und Fallpräsentationen zählen zu den gängigen Methoden [3, 5, 43]. Neuere Lernangebote wie Schulungen am Patientenbett, Lehrvisiten, Peer-Teaching und internetbasiertes Lernen werden ebenfalls bereits regelmäßig genutzt [3, 5, 10, 13,



43]. Um Herauszufinden, welche dieser didaktischen Methoden bei der EKG Interpretation die effektivste ist, wurde eine Vielzahl an Studien durchgeführt [3, 10-13].

Beispielsweise wurde eine Studie für die Erforschung der Effektivität von Kleingruppenunterricht, gehalten durch Kommilitonen/innen, im Vergleich zu Vorlesungen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass beide in einem abschließenden EKG Test gleich effektiv waren [10].

Eine andere Studie erforschte die Wirkung computergestützter Lernprogramme im Vergleich zum Seminargruppenunterricht. Dabei erzielte die Gruppe mit computergestützten Lernprogrammen bessere Ergebnisse im nachgeschalteten Wissenstest [11].

Eine aktuelle Studie beschäftigte sich mit der Qualität von YouTube-Videos zum Thema EKG. Dabei wurden 86,6 % der Videos als sehr nützlich oder nützlich bewertet. Die Beliebtheit der Videos zeigten die durchschnittlichen knapp über 12.000 Aufrufe auf. Leider schien es, dass die Nutzer der Videos nicht zwischen hilfreichen und irreführenden Videos unterscheiden konnten [13].

Alles in allem belegen diese Studien, dass verschiedenste Lehrmethoden wie Kleingruppenunterricht, computergestützte Lernprogramme oder auch YouTube-Videos von Studierenden gut angenommen werden. Leider ist aber eine direkte Vergleichbarkeit der didaktischen Methoden schwierig, da bei manchen die Effektivität bzw. der (nachhaltige) Lernerfolg nicht getestet wurde [13], die Ergebnisse oft verschieden gemessen oder die Nachhaltigkeit der Lehr-/Lerninterventionen nicht untersucht wurde [3]. Zusätzlich ist der Erfolg einer Methode abhängig vom gewählten Format, der Expertise der Lehrenden sowie der Art der Testung des Wissenszuwachs [3]. Auch die Schwerpunktsetzung der Lehrenden spielt eine Rolle bei der Effektivität einer Lehrmethode [41] sowie der Kontext in dem die Kompetenzen errungen werden [44]. Dementsprechend kann keine Aussage getroffen werden, welche Methode wirklich zielführend ist [3]. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Lerneffekte und eine größere Unabhängigkeit von den Lehrenden zu erzielen, kann die Analyse der Fehler während der EKG Interpretation genutzt werden. Durch die Untersuchung können die gängigsten Fehler erkannt und damit die Voraussetzung geschaffen werden, diese Lücken in der Lehre zu schließen. Wichtig ist somit, dass die Mängel in der Lehre zunächst erkannt und dann die Lehrmethoden angepasst werden, sodass die wichtigsten Fähigkeiten und Fertigkeiten für die EKG Interpretation vermittelt werden können.

#### ***2.1.4. Aktuelle Problematik bei der EKG Interpretation***

Es ist bekannt, dass die Auswertung der EKG Kurven zu den schwierigsten Methoden der Inneren Medizin gehört [31]. Dies liegt einerseits an den vielen Teilschritten, die während der EKG Interpretation beachtet werden müssen (vgl. 2.1.2 Der Ablauf der Interpretation) andererseits an den unterschiedlichsten Fähigkeiten und Fertigkeiten, die dafür erworben und erhalten werden müssen (vgl. 2.1.3.1 Kompetenzen für die EKG Befundung). Wie die EKG Kompetenzen erworben werden können, zeigte das Kapitel 2.1.3.2 Lehrmethoden auf. Für den Erhalt und Ausbau der EKG Kompetenzen gibt es die (Muster-) Weiterbildungsordnung der Bundesärztekammer, die sich an der Aussage der “Task Force on Clinical Competence” das “American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians–American Society of Internal Medicine” orientiert und empfiehlt, während der Facharztausbildung 500 EKGs unter Supervision innerhalb von 36 Monaten zu befunden [5, 45]. Für Studierende gibt es bisher keine Empfehlung für eine Mindestanzahl an EKG Befundungen. Eine Studie aus Neuseeland liefert Hinweise, dass Studierende wohl weit unter einer dreistelligen Zahl an Befundungen pro Jahr liegen. In der Studie gaben 54 % der Studierenden an, dass sie weniger als 50 EKGs im letzten Jahr interpretiert haben und 87 % berichteten sogar, im vergangenen Jahr weniger als 50 EKGs mit einem Arzt/Ärztin besprochen zu haben. Studierende interpretierten also im Schnitt weniger als ein EKG pro Woche [4].

Dadurch, dass Studierende weniger als ein EKG pro Woche interpretieren, wundert es nicht, dass diese ihre Fähigkeiten bei der EKG Interpretation zu circa 45 % als unbefriedigend oder schlecht einschätzen [4]. Aber auch 60 % der Assistenzärzte/innen geben zu, dass sie immer oder oft Defizite bei der EKG Befundung verspüren [46]. Fachärzte/innen für Kardiologie wiederum sind sich untereinander über Diagnosestellungen nicht immer einig und es kommt vor, dass ein- und derselbe/dieselbe Herzspezialist/in ein EKG bei der nächsten Gelegenheit anders auswertet [9].

Die Unsicherheit bei der Interpretation spiegelt sich auch in Studien wieder, die sich mit der Befundungskompetenz bei der Interpretation von EKGs beschäftigen. Salerno (2003) führte auf, dass Kardiologen/innen nur zu 53 bis 96 % die Abnormitäten im EKG entdecken [9]. Fachärzte/innen anderer Schwerpunkte stellen immerhin noch zu 36 bis 96 % die richtige EKG Diagnose, Assistenzärzte/innen nur noch zu 36 bis 80 % [9]. Durch die mangelhafte Kompetenz ein EKG

fehlerfrei interpretieren zu können, sind Behandlungsfehler oder lebensbedrohliche Situation möglich [3, 47]. Diese allgemeine Problematik wird auch anhand der Fehlerquote bei der EKG Interpretation deutlich. Schwartz und Elstein (2008) schätzen die Fehlerrate in der Medizin auf 15 % [48]. Salerno (2003) fasst zusammen, dass Interpretationsfehler bei der EKG Befundung in 4 bis 33 % der Fälle auftreten und bei diesen in bis zu 11 % der Fälle zu Behandlungsfehlern führen [9].

Nur 57 % der Absolventen/innen des Medizinstudiums der USA erkannten lebensbedrohende EKG Veränderungen [49]. In Südafrika entdeckten nur 46,4 % der Auszubildenden einer Notfallstation eine Lebensbedrohung im EKG [50]. Am schlechtesten schnitten Medizinstudierende ab, die bloß 17 bis 63 % der Pathologien im EKG erfassten [9]. Die EKG Interpretation ist also mangelhaft bei Studierenden und Absolventen/innen der Medizin [3].

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es keinen annehmbaren Standard bei der Erkennung und Interpretation wichtiger alltäglicher oder lebensbedrohender EKG Anomalitäten bei Studierenden gibt [4]. Um die EKG Kompetenzen weiter zu fördern und bestehende Kompetenzen zu erhalten, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Untersuchung der Fehler bei der EKG Befundung. Fehler können so als Lerngelegenheit [18, 19] oder sogar als Voraussetzung gesehen werden, etwas zu lernen [51, 52]. Aus diesem Grund wird nun der Begriff „Fehler“ definiert, klassifiziert sowie der aktuelle Umgang mit Fehlern herausgearbeitet. Anschließend wird die Untersuchung von Fehlern und deren Nutzen vorgestellt.

## **2.2. Fehler**

### **2.2.1. Der Begriff „Fehler“**

Die genaue Beschreibung eines Fehlers ist schwierig und uneinheitlich, sodass es bisher keine einheitliche Definition gibt [53]. Grundsätzlich kommen Fehler aber nur beim Menschen vor; Maschinen werden falsch verwendet, fehlerhaft programmiert oder haben einen Defekt [19]. Bei der Begriffsbestimmung wird im Allgemeinen zwischen der Abweichung von einer Norm und der Abweichung von einem Ziel unterschieden [54].

Fehler können als Normabweichung betrachtet werden, wenn der Soll-Zustand als starre Norm definiert wird und der Ist-Zustand davon abweicht [18, 54]. Der Fehler stellt also einen Mangel, eine

schlechte Eigenschaft oder ein Merkmal dar, das nach oder während der Handlung nicht so ist, wie es sein müsste [15, 55, 56]. Laut Duden ist ein Fehler demnach „etwas, was falsch ist“, „vom Richtigen abweicht“ oder eine „Unrichtigkeit“ ist [55].

Fehler können aber auch als Abweichung von einem Ziel definiert werden, wenn der Soll-Zustand als flexibles Ziel angenommen wird und der Ist-Zustand davon abweicht. Damit ist ein Fehler also am ehesten eine „Zielverfehlung“ [19]. Laut Duden ist ein Fehler demnach eine „irrtümliche Entscheidung, Maßnahme“ oder ein „Fehlgriff“ [55].

Ein Fehler ist im Allgemeinen eine geistige Aktivität oder physische Handlung, die das beabsichtigte Ziel oder eine Norm nicht erreicht [54, 57]. Somit entstehen Fehler primär durch eine falsche kognitive Planung, durch ein fehlerhaftes menschliches Handeln oder durch eine unangemessene Bewertung des Ergebnisses, des Prozesses oder der Handlung [19, 57]. Eine Handlung oder ein Plan werden durch die falsche Anwendung von Wissen beziehungsweise Können, fehlerhafte Benutzung einer Regel oder unangemessenen Gebrauch von Automatismen, zum Fehler [19]. Dabei ist es für die Begriffsbestimmung erstmal irrelevant, ob durch den Fehler ein Schaden entsteht oder nicht [16]. Fehler lassen sich trotz der uneinheitlichen Definition in verschiedene Gruppen klassifizieren.

### ***2.2.2. Klassifizierung von Fehlern***

Eine Klassifizierung der Fehler ist sinnvoll, da sie einem die Ursache, Entstehung, Ausbreitung und Prävention von Fehlern begreifen lässt [58]. Eine allgemein gültige Einteilung ist allerdings schwierig, da sie meist kontextabhängig ist [57]. Zusätzlich weisen Fehler oft viele Merkmale auf, die sich überschneiden, weshalb eine genaue Zuordnung zu nur einer Gruppe von Fehlern schwierig ist [54]. Um einen Fehler beschreiben zu können, werden deshalb meist mehrere Eigenschaften und verschiedene Auswirkungen des Fehlers herangezogen [15, 54]. Die meisten Klassifizierungen teilen Fehler anhand eines Merkmals, eines „Phänotyps“ oder eines „Genotyps“ ein [19, 57, 59, 60].

Die Klassifikation anhand eines beobachtbaren Merkmals ist die oberflächlichste Unterteilung. Es wird nur anhand einer Eigenschaft unterteilt, wie zum Beispiel nach Vorhandensein oder Umfang eines Merkmals oder nach Malignität vs. Benignität eines Fehlers [52, 57]. Da anhand eines Merkmals

keine Relationen oder auslösenden Faktoren erkannt werden können, werden folgend nur die Taxonomien anhand von „Phänotypen“ und „Genotypen“ näher erläutert [19, 57, 59].

### **2.2.2.1. *Klassifikation nach Phänotypen***

Eine Klassifikation nach Phänotypen erlaubt erste Rückschlüsse auf Kausalitäten, indem sie die Interaktionen zwischen auslösenden Faktoren und dem zugrundeliegenden Fehler betrachtet [57]. Diese Taxonomie zeigt auf, welcher Fehlertyp in welcher Situation beziehungsweise in welcher Aufgabe vorkommt [57]. Dieser Typ von Fehlern wird in der Literatur „Fehlerform“ oder Fehler-„Phänotyp“ genannt und erlaubt unter anderem die Ermittlung von Fehlerwahrscheinlichkeiten [19, 57, 59]. In wie weit die Auftretenswahrscheinlichkeit vorhersagbar ist, zeigt die Einteilung in konstante und variable Fehler nach Chapanis (1951) auf [61]. Ein konstanter Fehler ist dadurch vorhersagbar, dass er kaum Variabilität besitzt [57, 61]. Dieser Fehler wird auch systematischer Fehler genannt, da er immer wieder an derselben Stelle einer Handlung, unabhängig von der ausführenden Person, auftritt [19]. Der variable Fehler hingegen ist kaum vorhersagbar [57, 61]. Es tritt zufällig oder sporadisch auf, zeigt kein erkennbares Muster, hat verschiedenste Ursachen und kann nicht verhindert werden [19]. So kann nur die Auftretenswahrscheinlichkeit konstanter Fehler vorhergesagt werden, die anhand ihres Erscheinungsortes innerhalb einer Situation, einer Handlung oder eines kognitiven Prozesses klassifiziert werden. Um die Erscheinungsorte der Fehlerformen während der EKG Interpretation zu identifizieren, wird die erweiterte Klassifizierung diagnostischer Fehler von Bordage und Kassirer nach Graber herangezogen [58, 62-64]. Diese eignet sich besonders, da sie zwischen den Erscheinungsorten innerhalb der Situation, des Systems beziehungsweise des kognitiven Prozesses unterscheidet und die Kognition in Teilschritte unterteilt (vgl. Abbildung 3).

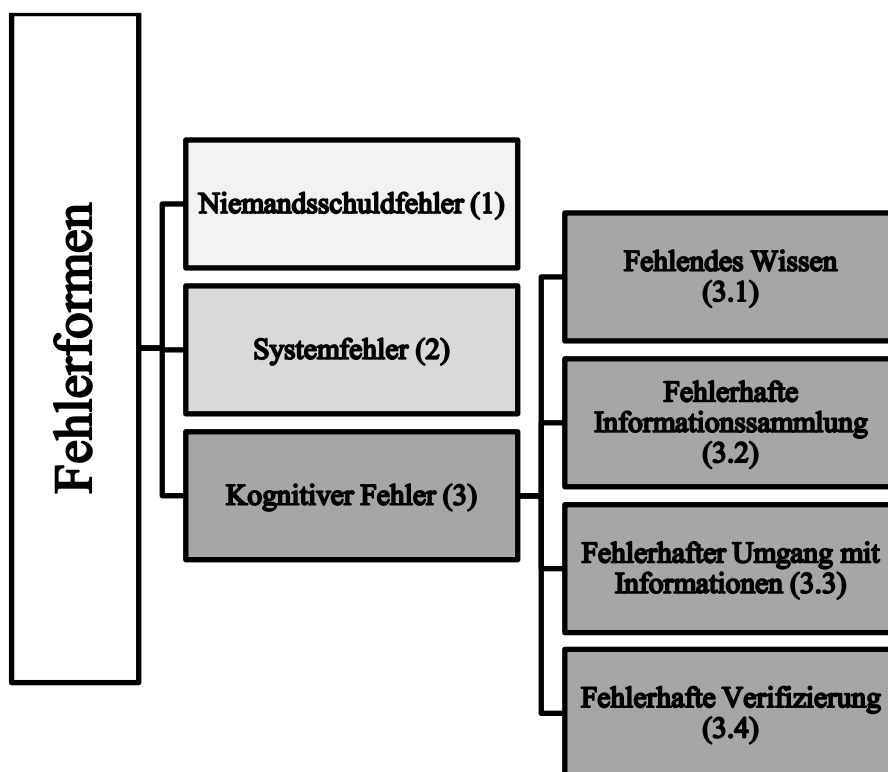


Abbildung 3: Fehlerformen nach Graber [64]

Graber klassifiziert den Erscheinungsort diagnostischer Fehler anhand der Situation, des Systems und der Kognition. Dabei unterscheidet er zwischen Niemandsschuldfehler (1), Systemfehler (2) und kognitivem Fehler (3) [64].

Niemandsschuldfehler (1) sind variable Fehler, für die weder das Gesundheitssystem noch das Individuum verantwortlich sind. Dies sind Fehler, die aufgrund ungewöhnlicher, maskierter oder stiller Krankheitspräsentation, unbekannter, unerforschter oder neuer Krankheiten auftreten oder dadurch zustande kommen, weil der/die Patient/in seine/ihre Symptome fehlerhaft vorstellt oder unkooperativ ist [58, 63, 64]. Diese Fehler können aufgrund ihrer hohen Variabilität nicht verhindert werden. Ein Niemandsschuldfehler wäre im Falle der EKG Interpretation, eine fehlerhafte Diagnose, die nicht korrekt gestellt werden kann, weil die auslösende Erkrankung unerforscht oder unbekannt ist. Systemfehler (2) sind Fehler, die durch technisches Versagen oder durch Missstände in der Organisation entstehen [63, 64]. Technisches Versagen kommt durch fehlendes oder fehlerhaftes Equipment, durch falsche Testdurchführung oder durch fehlerhafte Datenübermittlung zustande. Missstände in der Organisation entstehen durch fehlerhafte oder ineffiziente medizinische Prozesse oder fehlendes beziehungsweise inkompetentes Fachpersonal. Es können zusätzlich institutionelle Einschränkungen räumlicher oder zeitlicher Art vorhanden sein [63, 64]. Ein Systemfehler entsteht

also beispielhaft, wenn ein Elektrokardiogramm fehlerhafte Stromkurven generiert oder Stromkurven vom Fachpersonal keinem/r Patienten/in sicher zugeordnet werden. Systemfehler wiederholen sich und treten im Cluster auf. Dadurch sind sie vorhersagbar und können verhindert werden [63, 64].

Kognitive Fehler (3) entstehen bei der kognitiven Datensammlung, Datensynthese oder Datenverifikation [58, 62-64]. Falls keine Daten verarbeitet werden können, liegt dies meist am fehlenden Wissen. Somit werden kognitive Fehlerformen (3) in „fehlendes Wissen“ (3.1), „fehlerhafte Informationssammlung“ (3.2), „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ (3.3) oder „fehlerhafte Verifizierung“ (3.4) eingeteilt [63, 64]. „Fehlendes Wissen“ (3.1) beinhaltet inadäquate oder mangelhafte Kenntnis, Fähigkeit oder Fertigkeit [63, 64]. Ohne die Kenntnis, wie ein EKG interpretiert werden soll, kann der/die Arzt/Ärztin keinen korrekten EKG Befund erstellen. Eine „fehlerhafte Informationssammlung“ (3.2) liegt vor, wenn eine ineffektive, unvollständige oder fehlerhafte Anamnese, körperliche Untersuchung, Screeningmethode oder sonstiger Test durchgeführt wird. Werden die Daten inkomplett oder mangelhaft koordiniert bzw. organisiert, ist eine adäquate Informationssammlung nicht möglich [63, 64]. Ein Fehler in der Datensammlung kann auch durch fehlerhafte Wahrnehmung, Erinnerung oder Identifikation der Daten zustande kommen [63, 64]. Um also keinen Fehler in der Datensammlung zu begehen, muss der/die Kardiologe/in unter anderem eine Anamnese erheben, das EKG korrekt ableiten und die Stromkurven erkennen.

Es kommt zu einem „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ (3.3), wenn die gesammelten Daten in einen falschen Kontext gesetzt oder über-, unter- oder fehlinterpretiert werden. Es kann auch zur Ablenkung durch Nebendiagnosen kommen. Dies kann zur fehlerhaften Schlussfolgerung oder fehlerhaften Anwendung von Heuristiken<sup>2</sup> führen [63, 64]. Bei der Interpretation des EKGs kann ein akuter Myokardinfarkt der Hinterwand den/die Kardiologen/in von einem AV-Block I° ablenken.

Eine „fehlerhafte Verifizierung“ (3.4) beinhaltet vorzeitiges Schlussfolgern, fehlende Test- oder Datenbestätigung bzw. Validierung und fehlendes Follow-Up der Daten. Werden bei unschlüssigen Entscheidungen keine Spezialisten/innen konsultiert oder einfach dem Bestätigungswunsch nachgegeben, führt dies auch zu Fehlerformen in der Verifikation [63, 64]. Der Bestätigungswunsch

---

<sup>2</sup> „Eine Heuristik ist eine Regel, die den Prozess – nicht nur das Ergebnis – einer Problemlösung beschreibt. Sie ist einfach, weil sie auf evolvierte und erlernte Fähigkeiten zugreifen kann, und sie ist intelligent, weil sie Umweltstrukturen nutzen kann“. ([65])

bezeichnet dabei eine Tendenz, mehr nach bestätigenden Daten Ausschau zu halten als nach widerlegenden Informationen [66]. Um keinen Fehler bei der Verifikation zu begehen, muss der/die Kardiologe/in bei der EKG Interpretation sicher sein, dass er/sie das EKG zum/r richtigen Patienten/in und dessen/deren Symptomatik interpretiert und nicht ein EKG eines/r fremden Patienten/in.

Eine Limitation der Einteilung nach Fehlerformen ist, dass dieselbe Situation beziehungsweise Handlung nicht immer zu demselben oder überhaupt zu einem Fehler führt [57]. Dadurch ist der Vorhersagewert der Fehlerformen eingeschränkt.

#### **2.2.2.2. *Klassifikation nach Genotypen***

Die Klassifikation nach Genotypen stützt sich auf theoretische Annahmen kognitiver Prozesse und erlaubt damit, zugrundeliegende Ursachen der Fehler zu identifizieren [57]. Durch die theoretischen Annahmen können Rückschlüsse über die Fehlerursachen von Handlungen, Organisationen oder informationsverarbeitenden Systemen gezogen werden [19].

Die Fehler, die anhand von Fehlerursachen klassifiziert werden, werden auch „Fehlerarten“ oder Fehler-„Genotypen“ genannt [19, 57, 59]. Für diese Klassifikation wird meist nur die Ursache der menschlichen Fehler innerhalb einer Person untersucht [19]. Um die Ursachen strukturiert beschreiben zu können, wird meist eine grobe Klassifikation der Fehlerformen zugrunde gelegt [19]. Dabei wird zwischen zwei bzw. drei Ursachen von Fehlern unterschieden, je nachdem ob die Fehler, für die weder das Gesundheitssystem noch das Individuum verantwortlich sind, hinzugezählt werden. Die anderen zwei Hauptursachen sind das System (I), das aufgrund seiner Struktur und Konfiguration Fehler zulässt und fördern kann und das Individuum (II), dass mit anderen Menschen interagiert und Fehler macht [57, 63]. Das System bestimmt anhand der Aufgabenstellung, mit derer Komplexität, Struktur, Umfang oder auch der Zeitvorgabe, die Fehleranfälligkeit [19, 67]. Die Arbeitsumgebung kann durch die Geräuschkulisse, Umgebungstemperatur, Stärke der Beleuchtung oder der Art der Geräteausstattung zu Fehlern führen [19, 68]. Aber auch die Kommunikation, Erfahrung, Motivation, Stimmung oder das Feedback innerhalb eines Arbeitsteams können Fehler auf Grund des Systems fördern [19, 53, 68]. Das Auftreten von Fehlern wegen des Individuums wird durch die individuelle physiologische Resistenz gegenüber Müdigkeit, Bequemlichkeit, Lärm, Ablenkung und Krankheit beeinflusst [19, 68]. Das Individuum kann außer durch seine Physiologie auch durch seine Motivation



und Qualität der Informationsverarbeitung beeinflusst werden [19]. Das Individuum benötigt zusätzlich ausreichend Kompetenz, um eine Handlung oder einen Plan fehlerfrei durchführen zu können [19]. Erst durch ausreichend Wissen, Fertigkeit, Fähigkeit und Erfahrung kann ein/e Arzt/Ärztin die EKG Interpretation erfolgreich durchführen.

Die Klassifikation nach Genotypen untersucht die Fehlerursachen, die durch das Individuum oder durch das System entstanden sind. In dieser Arbeit werden nur die Fehlerursachen, die durch das Individuum hervorgerufen wurden, betrachtet, weshalb auf die weiterentwickelte Unterteilung von Fehlerarten von Norman nach Reason zurückgegriffen wird (Abbildung 4) [57, 60]. Diese eignet sich besonders, da zwischen bewusster und unbewusster Entstehung eines kognitiven Fehlers differenziert wird [57, 59].

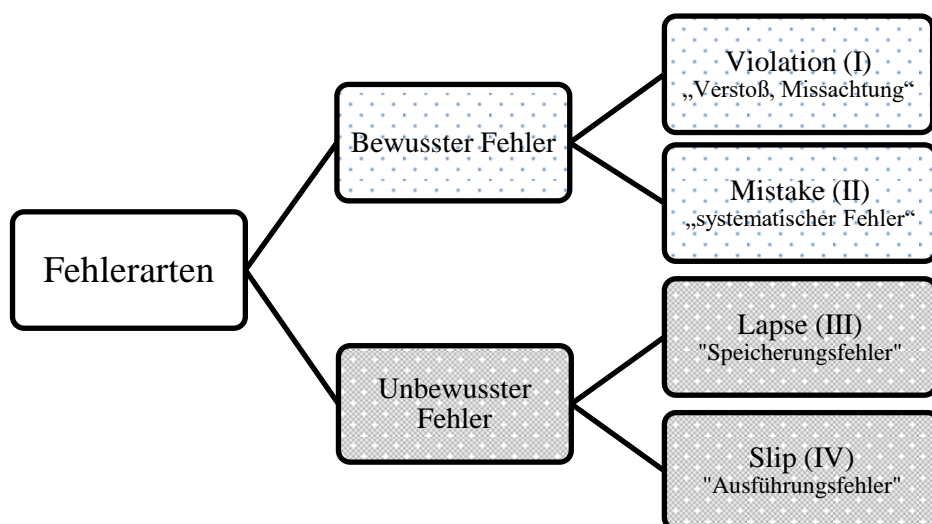


Abbildung 4: Fehlerarten nach Reason [57]

Die Klassifikation nach Genotypen, anhand des Individuums, unterteilt die Fehlerarten in bewusste Fehler, wie „Violation“ (I) und „Mistake“ (II), und in unbewusste Fehler, wie „Lapse“ (III) und „Slip“ (IV). Da im Deutschen keine eindeutige Unterscheidung zwischen „Error“, „Mistake“, „Lapse“ und „Slip“ möglich ist, und alle mit „Fehler“ übersetzt werden, werden meist in der deutschen Forschung die englischen Begriffe beibehalten [19, 69]. Beschreiben lassen diese Fehlerarten wie folgt.

Fehler, die durch ein bewusstes Abweichen von einer Regel oder Vorschrift entstehen, werden „Violation“ (I) genannt [19, 57]. Das fehlerhafte Handeln wird absichtlich herbeigeführt, und ist damit kein „Irrtum“ in dem Sinne [19]. „Violation“ wird dabei Synonym mit „Verstoß“, „Verletzung“, „Missachtung“ oder „Grenzüberschreitung“ verwendet [70]. Im Gegensatz zur „Sabotage“ hat die

„Violation“ nicht die Absicht, das Ziel zu verfehlen oder die Handlung zu zerstören, sondern wird begangen, weil andere Beweggründe über das Einhalten der Regel gestellt werden [19, 57]. Es werden persönliche Motive, wie Zeitersparnis oder eine Vermeidung ungeliebter Tätigkeiten, über die Vorschriften einer Handlung gestellt [19, 57]. Der persönliche Anreiz, eine Aufgabe korrekt auszuführen, beeinflusst damit die Anzahl der Fehler [71]. Absichtliche Fehler können nötig sein, um Innovation, Kreativität oder neue Lösungsstrategien zu finden [72]. Eine „Violation“ wird normalerweise nur von außenstehenden Personen oder erst rückblickend von der auszuführenden Person als Fehler betrachtet [19]. Eine „Violation“ wäre zum Beispiel, wenn der/die Arzt/Ärztin bewusst die Stromkurven bei der EKG Interpretation nicht vermisst sondern nur grob abschätzt.

Weitere Fehler, die bewusst entstehen und trotz akkurater Intention und korrekter Handlungsausführung zu einem fehlerhaften Ziel führen, werden „Mistake“ (II) genannt [57]. Diese Fehler werden auch als „systematischer Fehler“ bezeichnet, da sie immer wiederkehren und ihre Ursache in einem grundlegend fehlerhaften Verständnis haben [14]. „Mistakes“ entstehen wahrscheinlich bei der fehlerhaften Auswahl eines Zieles, einer Maßnahme oder einer fehlerhaften Einschätzung der Prozess- oder Zielbewertung [57], wodurch eine Handlung ausgeführt wird, die der eigentlichen Intention widerspricht [19]. „Mistakes“ kommen somit zustande, wenn der Ist-Zustand unbekannt ist und Wissen fehlerhaft oder in einem falschen Kontext angewandt wird; oder wenn bei einem bekannten Ist-Zustand eine unpassende oder fehlerhafte Regel angewendet wird [60, 73]. Ein möglicher „Mistake“ kann bei der Interpretation eines EKGs entstehen, wenn der/die Kardiologe/in denkt, dass er/sie die Amplitude einer Stromkurve in seinem ganzen Ausmaß messen muss und nicht nur von der isoelektrischen Linie aus, weil er/sie das nie richtig gelernt hat.

Unbewusste Fehler entstehen aus einer unbeabsichtigten oder vergessenen fehlerhaften Informationsverarbeitung, Regulation oder Organisation einer Handlung oder durch eine unpassende Aktivierung von Schemata [19, 60]. Diese unabsichtlichen Handlungen benötigen für ihre Entstehung einerseits automatisierte und gewohnte Vorgänge als auch eine Aufmerksamkeitsverschiebung zu etwas außerhalb der geplanten Handlung. Diese Fehler werden auch „Flüchtigkeits-“ oder „Leichtsinnfehler“ genannt, da sie korrigiert werden können, sobald die Aufmerksamkeit auf den Speicherungs- oder Ausführungsfehler gelenkt wird [14, 57, 67].

Ein unbewusster Fehler, der aufgrund eines Fehler des Gedächtnisses auftritt und damit zur fehlerhaften Ausführung einer Handlung führt, ist ein „Lapse“ (III) [57, 60]. „Lapses“ kommen zustande durch eine fehlerhafte Speicherung der geplanten Handlung oder durch fehlerhaftes Erinnern der Handlungsabläufe [19, 57, 60]. Der/die Kardiologe/in vergisst so zum Beispiel, die Amplituden zu vermessen, weil er/sie sich fälschlicherweise meint daran zu erinnern, dass er/sie dies schon gemacht habe.

Der Fehler, der unbewusst bei der Ausführung einer Handlung auftritt, wird „Slip“ (IV) genannt [57, 60]. Eine Handlung wird anders ausgeführt als sie ursprünglich geplant war, obwohl sie eigentlich korrekt beherrscht wird [19, 73]. Dies liegt daran, dass ein falsches Schema wegen Aufmerksamkeitsprobleme aktiviert wird, das vor allem bei automatisierten Handlungen in einer gewohnten Umgebung auftreten kann [19, 57, 60, 73]. „Slips“ sind meist gut beobachtbar, kommen durch niedere kognitive Prozesse zustande und sind leicht zu detektieren [19, 57]. Beispielhaft hat ein/e Arzt/Ärztin beim Übertragen der Amplitudenwerte in den EKG-Befund einen „Zahlendreher“, weil er/sie durch seine/ihre Umgebung abgelenkt wurde.

Zusammenfassend können Fehler anhand eines beobachtbaren Merkmals, anhand des Erscheinungsortes (vgl. 2.2.2.1 Klassifikation nach Phänotypen) oder anhand der Fehlerursache (vgl. 2.2.2.2 Klassifikation nach Genotypen) innerhalb der Teilabschnitte einer menschlichen Handlung klassifiziert werden. Dabei sind die Taxonomien nach Phänotypen, auch „Fehlerformen“ genannt, und die nach Genotypen, auch „Fehlerarten“ genannt, besonders relevant, da diese Rückschlüsse auf die Kausalitäten von Fehlern zulassen [57].

### ***2.2.3. Fehler in der Gesellschaft***

Nur weil Rückschlüsse auf die Kausalitäten von Fehlern gezogen werden können, heißt dies nicht, dass es einen offenen Umgang mit Fehlern in der Gesellschaft gibt. Ganz im Gegenteil, Menschen hassen es meistens Fehler zu begehen [51]. Falls sie einen begangen haben, geben sie diese Fehler oft nur ungern zu und sind noch weniger dazu bereit, diese aufzuarbeiten [15]. Warum es so einen Umgang mit Fehlern gibt, wie Fehlerforschung funktioniert und was eine Untersuchung von Fehlern bewirken kann, wird nun skizziert.

### **2.2.3.1. Umgang mit Fehlern**

Fehler werden in der Medizin häufig als kognitives Versagen betrachtet [57, 64, 66, 74]. Diese Betrachtung wird durch Aussagen, wie von der ehemaligen Präsidentin der American Medical Association, unterstützt, die postulierte, dass die einzig annehmbare Fehlerrate null wäre [75]. Diese Aussage impliziert, dass alle Fehler eliminiert werden könnten [63, 75]. Fehler werden dadurch oftmals zu einer Limitation unseres kognitiven Systems und kommen vor, wenn jemand nicht denkt [52]. Fehler sind damit meistens beschämend und werden deshalb häufig verschwiegen [16, 52]. Ein Fehler kann dabei im besten Fall als nutzlos angesehen werden, im schlimmsten Fall aber zu einer schädlichen oder tödlichen Begebenheit werden [52].

In Kontrast dazu kann ein Fehler aber auch als unvermeidbarer Teil des medizinischen Alltags angesehen werden, der zum Teil schicksalhaft für eine zukünftige Vermeidung von Fehlern notwendig ist [76]. Dafür ist eine konsequente Aufarbeitung und Korrektur nötig, dass dieser Fehler sich nicht wiederholen kann [15]. Dadurch kann ein Fehler auch unverzichtbar und nützlich sein [52]. Gigerenzer (2005) postulierte, dass Fehler helfen, ein intelligentes System zu verbessern oder ein Ziel schneller zu erreichen [52]. Er unterstellte sogar, dass menschliche Intelligenz nur möglich ist, wenn das Gedächtnis vergessen, kurzfassen oder generalisieren kann [52]. Denn nur durch diese Fehler sei der Mensch in der Lage, Inhalte zusammenzufassen, Kernaussagen zu verstehen, Bedeutungen zu interpretieren und abstrakt Denken zu können [52]. Demnach würden Menschen trotz gutem Wissen und bester Vorbereitung immer Fehler unterlaufen [15].

Da es wohl immer zu Fehlern kommen wird, sollte ein objektiver Umgang mit Fehlern etabliert werden [15]. Ein offener und objektiver Umgang mit Fehlern verhindert Schuldzuweisungen. Erst wenn es keine Schuldzuweisungen mehr gibt, werden Fehler nicht mehr verheimlicht sondern offenbart [15, 16]. Für diesen Prozess ist eine Umgebung nötig, in der keine Angst herrscht und genug Zeit zum Nachdenken, eine offene Kommunikation und die Offenheit für Veränderung vorhanden ist [19]. Diese Umgebung wird unter anderem durch die Fehlerforschung begünstigt.

### **2.2.3.2. Fehlerforschung**

Die Fehlerforschung versucht Fehler anhand allgemeingültiger Gesetze, Konzepte oder Hypothesen zu erklären [19]. Eine Fehleranalyse wird dabei verwendet, um Denken zu beschreiben, Fehlermuster abzubilden und Ursachen zu erkennen [14].

Denkmuster können zum Beispiel durch Methoden des Lautnachdenkens abgebildet werden und in einem Zusammenhang mit falschen oder richtigen Lösungen gesetzt werden [77]. So können Studierende durch das Erzählen ihrer Denkschritte das Zustandekommen von Fehlern bei der Messung von Stromkurvenamplituden beschreiben.

Fehlermuster werden durch den Fehlertyp, den logischen Zusammenhang von Fehlern und ein vermehrtes Auftreten über viele Personen hinweg erkannt [17]. So kann beispielhaft ein Fehlermuster bei der Bestimmung von Stromkurvenamplituden erkannt werden, dass nur bei Studierenden einer Universität vorkommt, das zum Beispiel durch ausgefallenen Unterricht entstanden ist.

Die Ursachenbestimmung wird zur Vorhersage eines Fehlers benutzt, indem die Bedingungen, in denen der Fehler auftritt, und der Fehlertyp beschrieben werden [57]. Dabei können auch Rückschlüsse von der Fehleranzahl auf die Auftretenswahrscheinlichkeit schwerwiegender Folgen gezogen werden [78]. Treten beispielhaft nur „Slips“ bei der Befundung der Stromkurvenamplituden auf, könnte daraus schlussgefolgert werden, dass die Interpretation der Stromkurven schon zu sehr automatisiert ist, sodass der/die Studierende aus Versehen diesen Fehler begeht.

### **2.2.3.3. Bedeutung der Untersuchung von Fehlern**

Die Untersuchung von Fehlern hat viele Vorteile. Sie kann einerseits dazu führen, dass Fehler korrigiert, im großen Ausmaß vermieden oder Ursachen beseitigt werden [15, 16]. Andererseits kann der Fehler dadurch auch eine Chance zum Lernen werden [19].

Fehlervermeidung spielt eine große Rolle, da es meist kaum Möglichkeiten gibt, die Auswirkung des Fehlers zu verringern. So ist es entscheidend, den Fehler in seinem ganzen Ausmaß bereits vor Entstehung zu verhindern [63]. Eine ausführliche Untersuchung der Fehler kann dazu führen, dass dieser Fehler in seiner definierten Art oder ein ihm ähnlicher nicht mehr zustande kommt [15].

Die Ursachenbeseitigung hat die weitreichendste Konsequenz. Erst wenn jemand weiß, warum er/sie etwas was falsch gemacht hat, kann er/sie für seine/ihre fehlerhaften Handlungen verantwortlich

gemacht werden [19]. Dabei zeigt sich, dass nicht immer allein ein kognitives Versagen für einen Fehler verantwortlich ist, sondern meist durch eine Kette aus System- und kognitiven Fehlern entstanden ist [16, 63, 64, 79]. Nach der Ursachenbestimmung können dann Arbeitsprozesse oder Vorgänge erarbeitet werden, die die Fehlerursache vermeiden [15]. So könnte Studierenden eine Checkliste zur Vermessung der Stromkurvenverläufe an die Hand gegeben werden, sodass die Amplituden nicht mehr fehlerhaft vermessen werden.

Durch die Untersuchung von Fehlern können Fehler auch als Lerngelegenheit gesehen werden [18, 19]. Es gibt sogar Theorien, dass Fehler die Voraussetzung für das Lernen [51, 52] und die Bildung vom negativen Wissen sind [17, 18]. Damit ist der Fehler ein „short term pain for long term gain“ [51]. Der/die Studierende lernt so, dass es falsch ist, die Amplituden in ihrer gesamten Ausdehnung zu messen.

Zusammenfassend werden Fehler heutzutage oft als kognitives Versagen betrachtet [57, 64, 66, 74]. Sie werden im besten Fall als nutzlos angesehen, im schlimmsten Fall wird ein Fehler aber zu einer schädlichen oder tödlichen Begebenheit [52]. Eine kontrastäre Meinung zu Fehlern besteht in der Fachliteratur, die Fehler als Notwendigkeit für menschliche Intelligenz und sogar als schicksalshafte Begebenheit für Fehlervermeidung sieht [52, 76]. Ein offener und objektiver Umgang mit Fehlern ist die Voraussetzung für die Fehlerforschung, die eine wissenschaftliche Untersuchung der Fehler durchführt. Fehlerforschung erlaubt die Untersuchung von Fehlern, indem sie das jeweilige Denken beschreibt, Fehlermuster abbildet und Ursachen bestimmt [14]. Eine Untersuchung von Fehlern bietet den Vorteil, dass diese zur Korrektur, Vermeidung oder Beseitigung von Fehlern führen kann [15, 16]. Zusätzlich birgt sie die Chance, positives Wissen zu stärken und sich negatives Wissen anzueignen [19].

### **2.3. *Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen***

Das Elektrokardiogramm (EKG) ist das am häufigsten angewandte Diagnostikum der Kardiologie [2-5]. Es ist durch seine einfache, schnelle und kostengünstige Handhabung in der Medizin fest verankert [2, 4, 5, 11, 23]. Durch die Interpretation der Stromkurven können wichtige Diagnosen gestellt und therapeutische Maßnahmen überwacht werden [5]. Die Komplexität der Interpretation darf jedoch nicht unterschätzt werden. Für eine erfolgreiche Befundung müssen mehrere Teilschritte durchlaufen werden, in denen der/die Befunder/in höchste Präzision in der Kognition und Handlungsausführung aufbringen muss. Für eine korrekte Interpretation muss zusätzlich eine Mischung aus Wissen, Fähigkeit, Fertigkeit und Erfahrung vorhanden sein [5, 43]. Zur Vermittlung dieser Fähigkeiten wurden bereits verschiedenste Ansätze (unter anderem Kleingruppenunterricht, computergestützte Lernprogramme, YouTube-Videos) angewandt [3, 10-13]. Alle erbrachten einen Lernerfolg aber die Studien sind zum Teil schlecht vergleichbar, messen keinen nachhaltigen Lerneffekt oder besitzen eine hohe Abhängigkeit von den Lehrenden, sodass keine Aussage getroffen werden kann, ob diese Methoden mittel- bis langfristig effektiv sind [3]. Die aktuelle Forschung zeigt leider auf, dass die Kompetenz Studierender bei der EKG Interpretation nach eigenen Angaben zu circa 45 % als unbefriedigend oder schlecht eingeschätzt wird [4]. Diese allgemeine Problematik wird auch anhand der Fehlerquote bei der EKG Interpretation deutlich. Schwartz und Elstein (2008) schätzen die allgemeine Fehlerrate in der Medizin auf 15 % [48]. Salerno (2003) postulierte eine relative Fehlerrate von 4 bis 33 % während der EKG Interpretation [9]. Obwohl bekannt ist, dass es diese große Menge an Fehlern bei der EKG Interpretation gibt und diese zu schwerwiegenden Folgen führen können, gibt es bisher keine Studie, die aufzeigt, welche Fehler bei der EKG Interpretation tatsächlich gemacht werden. Um die Fehler bei der EKG Interpretation untersuchen zu können, wurden zunächst zwei Ansätze zur Definition von Fehlern näher aufgeführt: Fehler als Abweichung von einer Norm oder Fehler als Abweichung von einem Ziel [19, 54]. Anschließend wurden die beiden relevanten Taxonomien, die Rückschlüsse auf die Kausalitäten von Fehlern zulassen [57], erläutert. Für die Klassifikation nach Phänotypen, auch „Fehlerformen“ genannt, wurde die erweiterte Taxonomie von diagnostischen Fehlern von Bordage und Kassirer nach Graber herangezogen [58, 62-64]. Graber

betrachtet den Erscheinungsort von diagnostischen Fehlern innerhalb der Situation, des Systems und der Kognition. Dabei unterscheidet er zwischen „Niemandsschuldfehler“, „Systemfehler“ und „kognitiven Fehlern“ [63, 64]. Kognitive Fehler werden zusätzlich in „fehlendes Wissen“, „fehlerhafte Informationssammlung“, „fehlerhafte Umgang mit Informationen“ und in „fehlerhafte Verifizierung“ eingeteilt [63, 64]. Für die Klassifikation nach Genotypen, auch „Fehlerarten“ genannt, wurde auf die erweiterte Unterteilung von Fehlern von Norman nach Reason zurückgegriffen [57, 60]. Diese eignet sich für die EKG Interpretation besonders, da sie zwischen bewusster und unbewusster Entstehung eines Fehlers differenziert und die Fehlerarten damit in „Violation“ und „Mistake“ (bewusste Fehler) sowie in „Lapse“ und „Slip“ (unbewusste Fehler) unterteilt.

Mit Hilfe dieser Klassifikationen soll nun untersucht werden, welche Fehler bei der EKG Interpretation vorkommen und wodurch sie hervorgerufen werden. Dabei werden folgende Forschungsfragen und Hypothesen (H) betrachtet:

1. Ist die relative Fehlerrate während der EKG Interpretation im Rahmen der relativen Fehlerrate von 4 bis 33 % von Salerno (2003) [9]?

H 1: Die relative Fehlerrate liegt innerhalb der relativen Fehlerrate von 4 bis 33 % von Salerno (2003) [9].

Da Salerno (2003) knapp 40 Studien für seine postulierten Daten ausgewertet hat, werden diese Daten als repräsentativ angenommen. Die Ergebnisse dieser Studie sollten sich, falls ein repräsentatives Testpersonenkollektiv untersucht wurde, demnach im Rahmen der relativen Fehlerrate von Salerno befinden.

2. Gibt es eine Fehlerform nach Graber [64], die bei der EKG Interpretation am häufigsten auftritt?

H 2:

- a) Es dominieren die „kognitiven Fehler“ gegenüber den „Systemfehlern“.
- b) Der „fehlerhafte Umgang mit Informationen“ kommt unter den „kognitiven Fehlern“ am häufigsten vor.

Es wird angenommen, dass die „kognitiven Fehler“ dominieren und darunter der „fehlerhafte Umgang mit Informationen“ die häufigste Fehlerform ist. Dies entspräche den Daten von Grabers Studie (2005), der sich auch mit Fehlerformen innerhalb der Inneren Medizin beschäftigte [64].



3. Gibt es eine Fehlerart nach Reason [57], die bei der EKG Interpretation am häufigsten vorkommt?

H 3: „Mistake“ kommt am häufigsten vor.

Es ist zu erwarten, dass „Mistake“ am häufigsten vorkommt. Genauso wie bei der Studie von Zwaan (2012), die sich mit Fehlerarten bei der klinischen Diagnosestellung beschäftigte und demnach ein verwandtes Themengebiet untersuchte [80].

Weiterhin wird untersucht, ob die Fehler von einem EKG Themengebiet abhängig sind und in welchem Abschnitt der Interpretation welche Fehler auftreten. Dabei werden folgende Forschungsfragen gestellt:

4. Gibt es innerhalb der Studie ein EKG Themengebiet, das besonders fehleranfällig ist?

H 4: Die relative Fehleranzahl unterscheidet sich zwischen den EKG Themengebieten nicht.

Es wird angenommen, dass es keinen Unterschied bezüglich der relativen Fehleranzahl zwischen den EKG Themengebieten gibt, da bekannt ist, dass der Hauptgrund der Fehlervarianz nicht durch verschiedene Fälle sondern durch verschiedene Inhalte innerhalb eines Falles hervorgerufen wird [81]. Dies postulierte auch bereits Solomon (2004), indem er herausfand, dass Studierende vor allem Probleme mit einzelnen Darstellungen von ein- und demselben kardialen Problem haben und weniger mit nur einer spezifischen Art von Herzproblemen [8].

5. Gibt es ein EKG Themengebiet, das signifikant mehr Fehlerformen nach Graber [64] hervorruft als die anderen Themengebiete?

H 5: Es gibt kein EKG Themengebiet, das signifikant mehr Fehlerformen nach Graber [64] hervorruft als die anderen Themengebiete.

Da sich nicht der Aufbau der EKG Lernfälle oder die Situation, in denen sie bearbeitet werden, ändert, wird davon ausgegangen, dass es keinen Unterschied zwischen der Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerformen nach Graber [64] gibt. Die Taxonomie nach Phänotypen sollte aufzeigen, welcher Fehlertyp in welcher Situation beziehungsweise in welcher Aufgabe vorkommt [57] und wenn diese sich nicht ändert sollten die Fehlerformen nach Graber [64] konstant bleiben.

6. Gibt es ein EKG Themengebiet, das fehleranfälliger für Fehlerarten nach Reason [57] ist?

H 6: Es gibt kein Themengebiet, das fehleranfälliger für Fehlerarten nach Reason [57] ist.

Da sich das Individuum, das für die untersuchten kognitive Fehler verantwortlich ist, sich von EKG Lernfall zu EKG Lernfall nicht ändert und die Aufgabenstellung stets die gleiche ist, wird davon ausgegangen, dass es keinen Unterschied zwischen der Auftretenswahrscheinlichkeit der Fehlerarten nach Reason [57] gibt. Die Fehlerentstehung bei einem Individuum wird durch seine Physiologie, seine individuellen Kompetenzen und seine Informationsverarbeitung beeinflusst [19], diese sollten sich während der Bearbeitung der EKG Lernfälle nicht ändern.

7. Gibt es einen Bearbeitungsschritt während der EKG Interpretation, der eine besonders hohe relative Fehlerrate verursacht?

H 7: Bei dem Kompetenzniveau K3 gibt es eine höhere relative Fehlerrate als bei den anderen Kompetenzniveaus (K1, K2, K4).

Da die Diagnosestellung der Schritt ist, der am besten das Wissen, den klinischen Scharfsinn und die Fähigkeiten der Problemlösung reflektiert [48] und somit am besten fehlende oder mangelhafte Kompetenzen bei der EKG Interpretation aufzeigen kann, ist anzunehmen, dass dort am meisten Fehler detektiert werden.

8. Welcher Bearbeitungsschritt während der EKG Interpretation ist am ehesten mit welcher Fehlerform nach Graber [64] assoziiert?

H 8:

- a) Kompetenzniveau 1 (K1) ist besonders anfällig für „fehlerhafte Informationssammlung“ nach Graber [64].
- b) Kompetenzniveau 2 (K2) ist besonders anfällig für „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ nach Graber [64].
- c) Kompetenzniveau 3 (K3) ist besonders anfällig für „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ nach Graber [64].
- d) Kompetenzniveau 4 (K4) ist besonders anfällig für „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ nach Graber [64]

Wenn die Hauptaufgaben pro Kompetenzniveau betrachtet werden, sollten sich folgende Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] ergeben. Im Kompetenzniveau 1 (K1) sollte die „fehlerhafte Informationssammlung“ nach Graber [64] dominieren, da die Studierenden hauptsächlich alle

Informationen mit Hilfe des Infotextes und der Vermessung des Stromkurvenverlaufes sammeln sollten, um eine rein deskriptive Beschreibung des EKGs zu nennen. Für das Kompetenzniveau 2 (K2) sollten die objektiven EKG Kriterien aus K1 zu einem Befund zusammengefasst werden. Hierzu müsste zwischen physiologischen und pathologischen Stromkurvenverläufen unterschieden und zusammenhängende Daten, wie zum Beispiel die Anzeichen einer Rechtsherzbelastung, erkannt werden. Es werden also hauptsächlich Daten verarbeitet, die den „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ nach Graber [64] als häufigste Fehlerformen erkennen lassen sollten. Die Verdachtsdiagnosen sollten im dritten Kompetenzniveau (K3) durch die Interpretation aller gesammelten Daten bestätigt oder widerlegt werden, sodass eine Arbeitsdiagnose und mögliche Differentialdiagnosen gestellt werden können. Auch hier sollte der „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ nach Graber [64] dominieren. Im letzten und vierten Abschnitt (K4) wird nach dem weiteren klinischen Prozedere gefragt, das nun durchzuführen wäre. Dafür sollten alle gesammelten und interpretierten Daten aus den vorherigen Abschnitten beleuchtet werden, um die weitere Versorgung, notwendige Diagnostik, sinnvollen Eingriffe, das allgemeine Handling und benötigte Medikamente bestimmen zu können. Demnach sollte im Kompetenzniveau 4 auch der „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ nach Graber [64] die häufigste Fehlerform sein.

9. Welcher Bearbeitungsschritt während der EKG Interpretation ist am ehesten mit welcher Fehlerart nach Reason [57] assoziiert?

H 9: Kompetenzniveau 1-4 sind besonders anfällig für „Mistake“ nach Reason [57].

Es wird eine Dominanz der „Mistake“ bei allen Kompetenzniveaus angenommen, da die bekannten mangelhaften Kompetenzen bei der EKG Interpretation sowohl bei den Studierenden als auch bei den Absolventen/innen der Medizin [3] auf ein grundlegend fehlerhaftes Verständnis bei der EKG Interpretation hindeuten [14]. Wenn Kardiologen/innen nur zu 53 bis 96 % die Abnormitäten im EKG erkennen [9], Fachärzte/innen anderer Schwerpunkte immerhin noch zu 36 bis 96 %, Assistenzärzte/innen zu 36 bis 80 % [9], Medizinstudierende bloß 17 bis 63 % der Pathologien im EKG entdecken [9], deutet dies nicht auf ein bewusstes Abweichen einer Regel oder Vorschrift („Violation“), eine unbewusste fehlerhafte Ausführung („Slip“) oder Speicherung („Lapse“) auf Grund von „Flüchtigkeits-“ oder „Leichtsinnfehler“ hin.

Durch die Untersuchung, ob eine Assoziation zwischen einer Fehlerform nach Graber [64] mit einer Fehlerart nach Reason [57] gehäuft vorkommt, soll untersucht werden, ob Rückschlüsse vom kognitiven Bearbeitungsschritt auf die Fehlerursache möglich sind. Dabei wird folgende Forschungsfrage gestellt:

10. Gibt es eine statistisch relevante Assoziation zwischen einer Fehlerform nach Graber [64] und einer Fehlerart nach Reason [57]?

H 10: Es gibt eine statistisch relevante Assoziation zwischen einer Fehlerform nach Graber [64] und einer Fehlerart nach Reason [57].

Es wird angenommen, dass es eine statistisch relevante Assoziation zwischen einer Fehlerform nach Graber [64] und einer Fehlerart nach Reason [57] gibt, da den Fehlerarten meist eine grobe Klassifikation der Fehlerformen zugrunde gelegt wird [19] und somit Rückschlüsse vom Erscheinungsort auf die Fehlerursachen möglich sein sollten.

### ***3. Methoden***

#### ***3.1. Entstehung der Daten***

Die Daten für diese Dissertation sind im Rahmen einer Studie des Instituts für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin der Ludwig-Maximilian-Universität (LMU) München entstanden. Dabei wurden die analysierten Rohdaten aus der Arbeit von Hasch [82], die am gleichen Institut wie diese Arbeit entstand, herangezogen. Dafür wurde im Herbst 2012 eine Studie durchgeführt, die das Ziel hatte die Kompetenz von Studierenden bei der Interpretation von Elektrokardiogrammen zu verbessern. Sie verglich zwei verschiedene instruktionale Ansätze (Prompts<sup>3</sup>) und zeichnete u.a. die Fehler auf, die die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer bei der EKG Interpretation machten. Während die Daten zu den Fehlern in der Arbeit von Hasch [82] nicht intensiveren Untersuchungen unterzogen wurden, dienen diese als Ausgangsmaterial für die in der vorliegenden Studie angestellten Analysen. Im weiteren Kapitel 3.1 wird die zugrundeliegende Studie kurz beschrieben.

##### ***3.1.1. Überblick über die Studie von Hasch***

Für die Studie wurden freiwillige Probanden/-innen via Email-Verteiler und Diskussionsforum der Fachschaft der Medizinischen Fakultät der LMU München sowie via Facebook gesucht. Als Voraussetzung für eine Teilnahme mussten diese zum Praktischen Jahr (PJ) zugelassen sein bzw. dieses begonnen haben. Die gesamte Studie umfasste dabei mehrere Sequenzen (vgl. Tabelle 1): Die Teilnahme an einem mit der Lernplattform CASUS realisierten, webbasierten EKG Kurs zur Gewährleistung vergleichbarer EKG-Basiskenntnisse eine Woche vor dem Studientag. Die Bearbeitung von vier EKG Lernfällen während des Studientages, wobei hier die Probanden/-innen in 4 Versuchsgruppen (Fehleranalyseprompt; Begründungsprompt; Fehleranalyse- mit Begründungsprompt; kein Prompt) unterteilt wurden. Das Ausfüllen eines Multiple Choice Wissenstest über die EKG-Befundung vor und nach den EKG Lernfällen. Außerdem die

---

<sup>3</sup> Prompts sind dabei Maßnahmen, die einen Lernenden dazu bringen sollen sich etwas selbst zu erklären [83].

Beantwortung von mehreren Fragebögen, die vor, während und nach der Bearbeitung der EKG Lernfällen ausgeteilt wurden. Bei diesen wurden allgemein, personenbezogene Fragen und Fragen zu Interesse, Metakognition, Error Oriented Motivation Scale, Cognitive Load, Motivation, subjektivem Lernerfolg und Akzeptanz gestellt. Für die Teilnahme und die vollständige Bearbeitung der acht Sequenzen wurden 40,- € Probandenhonorar gezahlt. Für die vorliegende Arbeit wurden nur die gemachten Fehler während der Bearbeitung der vier EKG Lernfälle und die dazugehörigen Eingaben aus den Fehleranalyseprompts untersucht, weshalb bezüglich der weiteren Instrumente und Details auf die Dissertation von Hasch [82] verwiesen wird.

<b>Zeitpunkt</b>	<b>Studienabschnitte</b>
Eine Woche vor Erhebung der Daten	CASUS EKG online Vorkurs
Studientag 9:00 Uhr	Fragebogen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>– Allgemeinen personenbezogenen Daten</li> <li>– Interessen am Thema EKG Interpretation</li> <li>– Metakognition</li> <li>– Error Oriented Motivation Scale</li> </ul>
Studientag 09:30 Uhr	Multiple Choice Wissenstest
Studientag 10:45 Uhr	EKG Lernfall 1 & 2
Studientag 12:30 Uhr	Fragebogen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>– Cognitive Load</li> <li>– Motivation</li> </ul>
Studientag 13:30 Uhr	EKG Lernfall 3 & 4
Studientag 15:45 Uhr	Fragebogen zu <ul style="list-style-type: none"> <li>– Subjektivem Lernerfolg</li> <li>– Akzeptanz</li> <li>– Offene Fragen für Feedback an der Studie</li> </ul>
Studientag 16:00 Uhr	Multiple Choice Wissenstest

Tabelle 1: Übersicht über den Ablauf der Studie von Hasch [82]

### **3.1.1.1. EKG Lernfälle**

Die Teilnehmer/-innen der Studie bearbeiteten während des Studientages vier EKG Lernfälle. Diese umfassten jeweils vier Abschnitte, beginnend bei der Beschreibung des Stromkurvenverlaufs, anschließender Formulierung eines EKG Befundes bis hin zur Stellung einer Arbeitsdiagnose und

Angabe der jeweils klinisch nötigen Maßnahmen. Die Gliederung der EKG Lernfälle in diese Abschnitte wurde durch die Annahme von EKG Kompetenzniveaus erstellt [41]. Die Bearbeitung eines jeden Niveaus wurde mittels Multiple Choice und langer Antwortliste abgefragt (vgl. Appendix 10.2). Im Zentrum der Lernfälle standen das EKG und die Krankengeschichte eines Patienten mit ST-Hebungsinfarkt der Hinterwand, eines jungen Patienten mit Perimyokarditis, einer herzinsuffizienten Patientin mit neu aufgetretenem Vorhofflimmern sowie eines Patienten mit bekannter arterieller Hypertonie und Herzinsuffizienz mit neu aufgetreten Linksschenkelblock. Die Lernfälle sind in Appendix 9.1 wiedergegeben.

### 3.1.1.2. EKG Kompetenzniveaus

Um die kognitiven Teilschritte bei der EKG Befundung und das Wissen und Können der Studierenden objektiv beurteilen zu können, wurden die EKG Lernfälle in die vier Kompetenzniveaus (K1-4) des detaillierten EKG-Lernzielkatalogs gegliedert (vgl. Abbildung 5) [41].

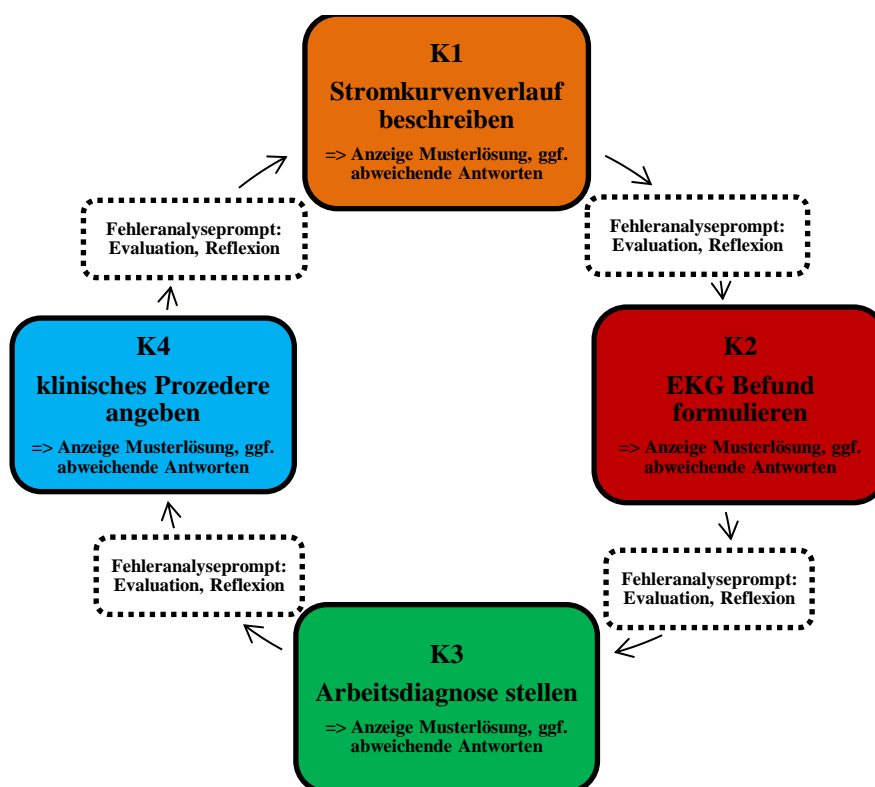


Abbildung 5: Kompetenzniveaus der EKG Befundung nach Höger [41]

Der erste Teil eines EKG Lernfalles umfasste eine rein deskriptive Beschreibung des EKGs unter Beachtung des gegebenen Infotextes und Vermessung des Stromkurvenverlaufes. Zur Messung der Leistung auf diesem ersten Kompetenzniveau (K1) wurden anschließend per langer Antwortliste die

identifizierten Wellen und Zacken, die gemessenen Intervalle und Amplituden und die berechneten relevante Werte, wie Herzfrequenz und Sokolow-Index, erfasst (vgl. Tabelle 2).

Für das Kompetenzniveau 2 (K2) sollten die objektiven EKG Kriterien aus K1 zu einem kardiologischen EKG Befund zusammengefasst werden. Hierzu musste zwischen physiologischen und pathologischen Stromkurvenverläufen unterschieden und zusammenhängende Daten, wie zum Beispiel die Anzeichen einer Rechtsherzbelastung, erkannt werden.

Im dritten Abschnitt (K3) sollte durch die Interpretation aller gesammelten Daten eine Arbeitsdiagnose und die relevanten Differentialdiagnosen gestellt werden. Hierzu mussten die klinischen Informationen des/r Patienten/in und die EKG Befunde bewertet werden, sodass alle relevanten Diagnosen in Betracht gezogen werden konnten.

Im letzten und vierten Abschnitt (K4) wurde nach dem weiteren klinischen Prozedere gefragt, das nun durchzuführen wäre. Dafür sollten nochmal alle gesammelten und interpretierten Daten aus den vorherigen Abschnitten beleuchtet werden, um die weitere Versorgung, notwendige Diagnostik, sinnvollen Eingriffe, das allgemeine Handling und benötigte Medikamente für die gestellte Diagnose des/r Patienten/in des EKG Lernfalles bestimmen zu können.

<b>Kompetenzniveau (K)</b>	<b>Kategorien für die lange Antwortliste</b>
K1: Stromkurvenverlauf beschreiben	Herzfrequenz K1 Rhythmus K1 Lagetyp K1 Intervalle K1 Amplituden K1 Erregungsausbreitungsstörungen K1 Erregungsrückbildungsstörungen K1
K2: EKG Befund formulieren	Herzfrequenz K2 Rhythmus K2 Lagetyp K2 Intervalle K2 Amplituden K2 Erregungsausbreitungsstörungen K2 Erregungsrückbildungsstörungen K2



K3: Arbeits- ggf. Differentialdiagnosen stellen	Alphabetische Liste mit Differentialdiagnosen
K4: klinisches Prozedere angeben	Versorgung Diagnostik Eingriff Handling Medikamente

Tabelle 2: Kategorien der langen Antwortlisten für das jeweilige Kompetenzniveau [82]

Die erfolgreiche Bearbeitung eines Kompetenzniveaus wurde anhand der jeweiligen langen Antwortlisten abgeprüft (vgl. Appendix 10.2). Dabei sollten die Testpersonen am Ende vom Kompetenzniveau 1, 2 und 4 alles Zutreffende markieren. Beim Kompetenzniveau 3 sollten nur die drei bzw. vier wichtigsten Verdachtsdiagnosen gestellt werden. Am Ende eines jeden Kompetenzniveaus wurden den Teilnehmern/innen die Musterlösung und die eigenen, hiervon ggf. abweichenden Antworten angezeigt. Die anschließende Evaluation und Reflektion (Fehleranalyseprompt) des bearbeiteten Kompetenzniveaus sollten nur ein Teil der Probanden/innen (N = 49), je nach zufällig zugeteilter Versuchsgruppe, schriftlich nach jedem Abschnitt anwenden.

### **3.1.1.3. Fehleranalyseprompt**

Einem Teil der Probanden/innen (N = 49) wurde zur anschließenden schriftlichen Evaluation und Reflektion ein Fehleranalyseprompt mit unter anderem folgenden Fragen gestellt:

- „Können Sie sich erklären, was Sie falsch gemacht haben?“ [82]
- „Wie können Sie Ihren Fehler das nächste Mal vermeiden?“ [82]

Dadurch, dass die Teilnehmer/innen nach Markierung ihrer Ergebnisse in der langen Antwortliste die Musterlösung und die eigenen, hiervon ggf. abweichenden Antworten angezeigt bekommen hatten, wussten sie, was sie im jeweiligen Abschnitt falsch gemacht hatten und konnten die Fragen dadurch beantworten. Die Testpersonen sollten für mindestens einen gemachten Fehler den Prompt mit Hilfe eines Freitextes beantworten. Diese Freitextantworten wurden zusätzlich zu den aufgezeichneten Markierungen in der langen Antwortliste für die Analyse der Fehler herangezogen.

### **3.2. Stichprobenziehung**

Es wurden aus der Gesamtzahl der Studienteilnehmer/innen ( $N = 101$ ) die 49 Personen selektiert, die mit Fehleranalyseprompts lernten. Nur diese Personen hatten einen Freitext bezüglich ihrer Fehler formuliert, sodass nur mit diesen eine Fehleranalyse durchgeführt werden konnte.

#### **3.2.1. Probandeneigenschaften**

Die Teilnehmer/innen, deren Daten in die Fehleranalyse eingeschlossen wurden ( $N = 49$ ), waren zu 75.5 % weiblich und zu 24.5 % männlich, mit einem Durchschnittsalter von  $MW$  26.16 Jahre ( $SD$  2.34,  $Min.$  24 Jahre,  $Max.$  34 Jahre). Sie befanden sich im Mittel im  $MW$  11.89 Semester ( $SD$  1.09,  $Min.$  10 Semester,  $Max.$  15 Semester) und hatten zu 57.1 % das PJ Tertiär Innere Medizin, zu 59.2 % das PJ Tertiär Chirurgie und zu 51.0 % das PJ Tertiär im Wahlfach schon durchlaufen. 20.4 % hatten bereits eine medizinische Vorausbildung zu einem/r Rettungssanitäter/in, -assistent/in oder Krankenpfleger/in absolviert.

### **3.3. Fehlerklassifikation**

Zur Klassifikation der kognitiven Fehler wurden die Freitexte der Fehleranalyseprompts und die übermittelten markierten Antworten aus der langen Antwortliste herangezogen. Es wurde ein Kodierschema aus Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] entwickelt, sodass die Freitexte mit Hilfe spezieller Software für qualitative Datenanalysen (MAXQDA, Version 11) in die jeweiligen Fehlergruppen klassifiziert werden konnten.

#### **3.3.1. Vorgehen bei der Fehleridentifizierung**

Zuerst wurden die übermittelten Markierungen der Probanden/innen, die aus der Lernplattform als Microsoft Excel 2010 Tabelle extrahiert wurden, mit den Musterlösungen der jeweiligen langen Antwortliste verglichen. Dabei wurde jede fälschlicherweise nicht gewählte oder fälschlicherweise ausgewählte Antwort als ein Fehler gewertet. Anschließend wurde mit Hilfe der identifizierten Fehler aus der langen Antwortliste die Freitextantworten aus den Fehleranalyseprompts nachvollzogen und die Anzahl der berichteten Fehler je Freitextantwort erkannt. Darauffolgend wurden die Fehler aus den

Freitextantworten anhand eines eigens entwickelten Kodierschemas in Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] mit Hilfe von MAXQDA 11 eingeordnet.

### ***3.3.2. Entwicklung des Kodierschemas***

Um die Freitextantworten kodieren zu können, wurde ein Kodierschema aus Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] entwickelt. Dabei sollten die Antworten des jeweiligen Kompetenzniveaus zuerst anhand des Fehlerortes des kognitiven Verarbeitungsschrittes (=Fehlerform) zugeordnet und anschließend anhand der berichteten Fehlerursachen (=Fehlerart) eingeteilt werden. Zur Erläuterung der Inhalte des Kodierschemas werden nun zunächst die möglichen Fehlerformen nach Graber [64] aufgezeigt und anschließend die Fehlerarten nach Reason [57] aufgeführt. In den darauffolgenden Kapiteln (vgl. 3.4 Fehlerkodierung und 3.5 Auswertung der Fehleridentifikation und -klassifikation) wird die Anwendung und Auswertung des Schemas näher erläutert.

#### ***3.3.2.1. Einteilung in Fehlerformen nach Graber***

Für die Einteilung von Fehlern wurde zunächst zwischen objektiven, vom System ausgelöste Fehler, und subjektiven, von der Kognition der Studierenden verursachte Fehler, unterschieden. Dafür wurde die Klassifikation der Fehlerformen nach Graber übernommen [64] (vgl. 2.2.2.1 Klassifikation nach Phänotypen). Diese unterscheidet zwischen Systemfehlern (= objektive Fehler), kognitiven Fehlern (= subjektive Fehler) und Niemandsschuldfehlern.

Als Systemfehler wurden die Fehler klassifiziert, die nicht sicher einem kognitiven Verschulden der Teilnehmer/innen zugeordnet werden konnten. Systemfehler kamen dort vor, wo eine mögliche fehlerhafte Testdurchführung, mögliche fehlerhafte Datenübermittlung, wahrscheinliche externe Beeinflussung oder individuell gefühlte schlechte Arbeitsbedingung vorhanden sein konnten (vgl. Tabelle 3).

<b>Systemfehler</b>	<b>Definition</b>	<b>Beispiel</b>
<b>Falsche Testdurchführung</b>	Zusammenhang von Antwortmöglichkeiten	„P nicht da muss das Gleiche wie P nicht positiv sein.“ (Testperson 83)
	Missverständliche Musterlösung	„Antikoagulation ist anscheinend falsch, aber ASS und Heparin richtig. Ich weiß nicht recht, warum das falsch ist.“ (Testperson 58)
	Mögliche relevante Daten nicht angegeben	„Sauerstoff würde ich immer von der Sättigung abhängig machen, [die] hier wiederum nicht angegeben [ist].“ (Testperson 59)
	Unklare Angaben	„Unscharfe Formulierung der Frage: was bedeutet deutliche hämodynamische Verschlechterung?“ (Testperson 60)
<b>Fehlerhafte Datenübermittlung</b>	Antworten wurden nicht übermittelt	„Med[ikamente] wurden angeklickt bis auf Benzos, wurden aber nicht als richtig angezeigt...?“ (Testperson 52)
<b>Externe Beeinflussung</b>	Standards aus anderen Krankenhäusern	„Praktische Erfahrung aus Innere-PJ - dort Hausstandard (v.a. wg. Intensivbettenknappheit und externem Labor).“ (Testperson 68)
	Andere bekannte Normwerte, die laut Recherche auch richtig sind	„hf [Herzfrequenz] 55ppm, dachte ich ist bradykard...versteh nicht, warum die Antwort normofrequent richtig sein soll.“ (Testperson 65)
<b>Schlechte Arbeitsbedingungen</b>	Zeitliche Einschränkungen	„Habe immer den Eindruck ich mache zu langsam, bin als Letzter fertig, will schnell machen und übersehe dann sowas.“ (Testperson 85)
	Räumliche Einschränkungen	„Störfaktoren (Lärm von der Straße).“ (Testperson 56)

Tabelle 3: Systemfehler nach Graber [64] mit Beispielen

Damit nur die kognitiven Fehler der Studierenden näher analysiert werden, wurde jeder unklare Freitext im Zweifelsfall als Systemfehler deklariert, sodass die Zahl falsch positiver kognitiver Fehler minimiert werden konnte. Die kognitiven Fehler wurden schließlich anhand der Klassifikation nach Graber [64] in „fehlendes Wissen“, „fehlerhafte Informationssammlung“, „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ und „fehlerhafte Verifizierung“ eingeteilt. Dafür wurden folgende Definitionen der kognitiven Fehler pro Kompetenzniveau entwickelt (vgl. Tabelle 4).

Kompetenzniveau	Fehlerform	Fehlermerkmale
<b>Kompetenzniveau 1:</b> Stromkurvenverlauf beschreiben	Fehlendes Wissen	Unkenntnis über: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physiologisches Aussehen von Stromkurvenverläufen</li> <li>• Messung von Amplituden und Intervallen</li> <li>• Berechnung von Herzfrequenz, Sokolow-Index, Q-Amplitude, R-Verspätung</li> </ul>
	Fehlerhafte Informations-sammlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehler beim Erkennen von Stromkurvenverläufen</li> <li>• Fehler beim Messen der Amplituden und Intervalle</li> </ul>
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerhaftes Vergleichen mit angegebenen Normwerten</li> <li>• Fehlerhaftes Vergleichen mit angegebenen Antwortmöglichkeiten</li> <li>• Fehlerhaftes Berechnen von Herzfrequenz, Sokolow-Index, Q-Amplitude, R-Verspätung</li> </ul>
	Fehlerhafte Verifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernachlässigung einer Antwortmöglichkeit</li> <li>• Missachtung zusammenhängender Antwortmöglichkeiten</li> <li>• Unvollständige Beantwortung jeder Antwortkategorie</li> <li>• Missachtung des Arbeitsauftrags</li> </ul>
<b>Kompetenzniveau 2:</b> EKG Befund formulieren	Fehlendes Wissen	Unkenntnis über: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physiologisches Aussehen von Stromkurvenverläufen</li> <li>• Bedeutung der Stromkurven für die Herzphysiologie</li> <li>• Arten von EKG Befunden</li> </ul>
	Fehlerhafte Informations-sammlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerhafte Datenübernahme von KI</li> <li>• Fehlerhafte Datensammlung aus dem Info-Text des EKG Falles</li> </ul>
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehler beim Erkennen von pathologischen/physiologischen Stromkurvenverläufen</li> <li>• Fehlerhafte Zuordnung der Bedeutung der Stromkurven zur Herzphysiologie</li> <li>• Fehlerhafte Zuordnung der gemessenen Werte zu gegebenen Befunden</li> <li>• Unfähigkeit beim Erkennen zusammengehörender Zeichen eines EKG Befundes</li> </ul>
	Fehlerhafte Verifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernachlässigung einer Antwortmöglichkeit</li> <li>• Missachtung zusammenhängender Antwortmöglichkeiten</li> <li>• Unvollständige Beantwortung jeder Antwortkategorie</li> <li>• Missachtung des Arbeitsauftrags</li> </ul>

<b>Kompetenzniveau 3:</b> Arbeits- ggf. Differentialdiagnosen stellen	Fehlendes Wissen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unkenntnis über Krankheitsbilder und Diagnosen</li> </ul>
	Fehlerhafte Informations-sammlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerhafte Datenübernahme von K1 und K2</li> <li>• Fehlerhafte Datensammlung aus dem Info-Text des EKG Falles</li> </ul>
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Über-/Unterinterpretation von Teilbefunden</li> <li>• Falsche Zuordnung der assoziierten Befunde zu den angegebenen Diagnosen</li> <li>• Über-/Unterschätzung von Wichtigkeit oder Gefährlichkeit der Diagnosen</li> </ul>
	Fehlerhafte Verifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernachlässigung einer Antwortmöglichkeit</li> <li>• Missachtung zusammenhängender Antwortmöglichkeiten</li> <li>• Unvollständige Beantwortung jeder Antwortkategorie</li> <li>• Missachtung des Arbeitsauftrags</li> </ul>
<b>Kompetenzniveau 4:</b> Klinisches Prozedere angeben	Fehlendes Wissen	Unkenntnis über Möglichkeiten und Indikationen von: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maßnahmen, die die Symptome verbessern</li> <li>• Maßnahmen, die die Krankheit heilen oder verbessern</li> <li>• Maßnahmen, die Komplikationen oder Veränderungen aufdecken</li> <li>• Maßnahmen der Prophylaxe</li> </ul>
	Fehlerhafte Informations-sammlung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerhafte Datenübernahme von K1, K2 und K3</li> <li>• Fehlerhafte Datensammlung aus dem Info-Text des EKG Falles</li> </ul>
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Über-/Unterbewertung von Maßnahmen, die die Symptome verbessern</li> <li>• Über-/Unterbewertung von Maßnahmen, die die Krankheit heilen oder verbessern</li> <li>• Über-/Unterbewertung von Maßnahmen, die Komplikationen oder Veränderungen aufdecken</li> <li>• Über-/Unterbewertung von Maßnahmen zur Prophylaxe</li> </ul>
	Fehlerhafte Verifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernachlässigung einer Antwortmöglichkeit</li> <li>• Missachtung zusammenhängender Antwortmöglichkeiten</li> <li>• Unvollständige Beantwortung jeder Antwortkategorie</li> <li>• Missachtung des Arbeitsauftrags</li> </ul>

Tabelle 4: Kognitive Fehlerformen nach Graber [64] angewandt auf Kompetenzniveaus bei der EKG Interpretation

Die dritte Kategorie neben den „kognitiven Fehlern“ und „Systemfehlern“ in der Klassifikation nach Graber [64] umfasste die „Niemandsschuldfehler“. Diese wurden nicht in das Kodierschema aufgenommen, da das Auftreten von „Niemandsschuldfehler“ durch das Design der Studie verhindert

wurde. Es wurden keine ungewöhnlichen, maskierten oder stillen Krankheitspräsentationen, unbekannte, unerforschte oder neue Krankheiten als Fälle verwendet und der/die Patient/in als selbstkreierte Fallgeschichte konnte seine Symptome nicht fehlerhaft vorstellen oder unkooperativ sein [64]. Damit ergab sich folgende Einteilung der Fehler nach Graber [64] (vgl. Abbildung 6).

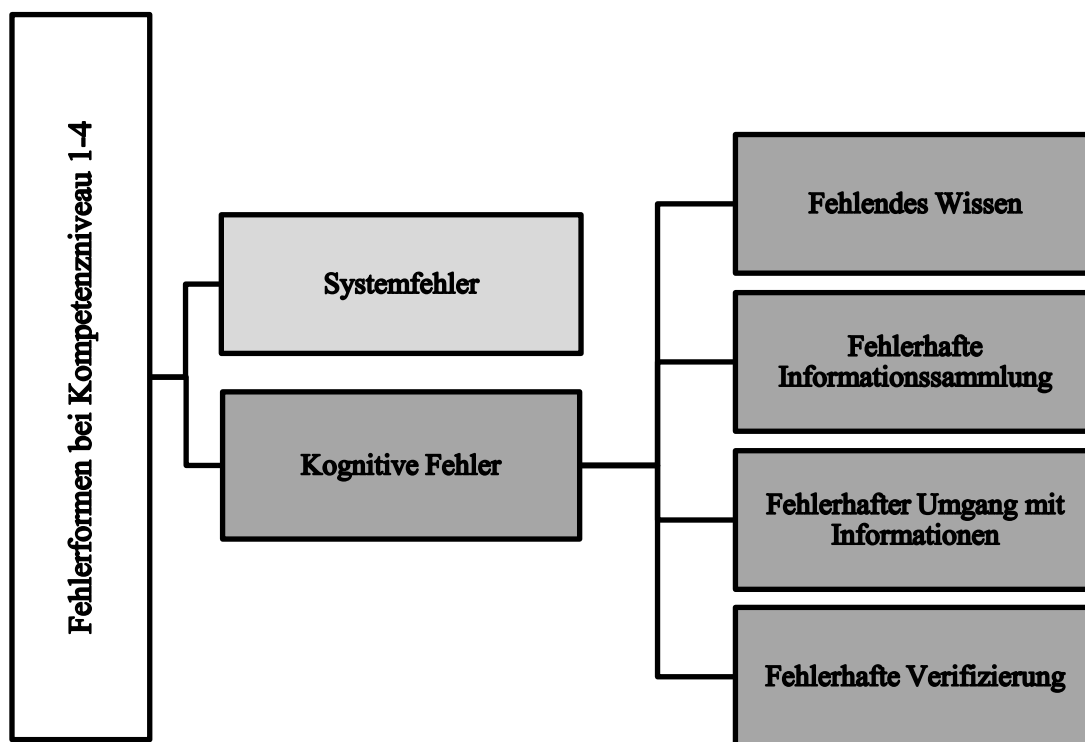


Abbildung 6: Mögliche Fehlerformen nach Graber [64] für das Kodierschema

### 3.3.2.2. Einteilung in Fehlerarten nach Reason

Um die Ursache des Fehlers im kognitiven Verarbeitungsschritt erkennen zu können, wurde die Klassifikation nach Fehlerarten von Reason [57] übernommen (vgl. 2.2.2.2 Klassifikation nach Genotypen). Diese unterscheidet zwischen unbewussten und bewussten Fehlern. Unbewusste Fehler kommen durch fehlerhafte Ausführung oder Speicherung zustande [57]. Ein bewusster Fehler ist hingegen ein Planungsfehler oder ein willkürlicher Verstoß [57]. Um die Fehler möglichst eindeutig einteilen zu können, wurden folgende Merkmale den jeweiligen Fehlerarten nach Reason [57] zugeschrieben (vgl. Tabelle 5).

Fehlerart		Fehlermerkmale
<b>Unbewusster Fehler</b>	Slip	Ausführungsfehler, Leichtsinnsfehler, fallspezifischer Fehler, Ablenkungsfehler, „Zahlendreher“, Fehler durch Unaufmerksamkeit oder Ungenauigkeit, Fehler wiederholt sich nur durch Zufall
	Lapse	Speicherungsfehler, Fehler durch Vergessen
<b>Bewusster Fehler</b>	Mistake	Planungsfehler, Systematikfehler, grundsätzlicher Fehler, Fehler durch falsche oder fehlerhafte Schlussfolgerung oder Regelanwendung, Fehler durch Missachtung von Informationen, Fehler wiederholt sich regelmäßig
	Violation	willkürlicher Verstoß, Fehler durch kognitive Abkürzungen oder Unlust, Fehler als Folge vom „Weg des geringsten Widerstandes“

Tabelle 5: Kognitive Fehlerarten nach Reason [57] bei der EKG Interpretation

### 3.3.2.3. *Kodierschema für die Fehler bei der EKG Interpretation*

Bei der Klassifizierung der Freitextantworten wurde untersucht, ob und wie weit sich die verschiedenen Einteilungen der Fehler nach Graber [64] und nach Reason [57] auf die EKG Befundung anwenden und kombinieren lassen. Aus diesem Grund wurde ein Kodierschema aus der Kombination von Fehlerformen nach Graber [64] (II-VI) und Fehlerarten nach Reason [57] (VII-XVIII) speziell für die EKG Interpretation entwickelt (siehe Abbildung 7). Die Fehler des jeweiligen Kompetenzniveaus sollten zuerst anhand des Fehlerortes des kognitiven Verarbeitungsschrittes (= Fehlerform) zugeordnet und anschließend anhand der berichteten Fehlerursache (= Fehlerart) eingeteilt werden. Bei dem Versuch der Einteilung der Fehlerform „Fehlendes Wissen“ (III) zu den Fehlerarten „Slip“, „Lapse“, „Mistake“ oder „Violation“ zeigte sich keine sinnvolle Kombination. „Fehlendes Wissen“ widersprach sich mit der Annahme, dass Fehler durch kognitive Aktionen der fehlerhaften Planung, Speicherung, Ausführung oder durch einen willkürlichen Verstoß zustande kommen, da das zugrundeliegende Wissen für diese kognitiven Aktionen fehlt. Deshalb wurde auf eine Verknüpfung von Fehlerform nach Graber [64] und Fehlerart nach Reason [57] bei der Kategorie „Fehlendes Wissen“ (III) verzichtet. Zusätzlich wurde zu den Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] die Kategorie „Inadäquate Antwort“ (I) hinzugefügt. Diese Einteilung war nötig, wenn Probanden/innen in einem Freitext keine sinnvolle Antwort auf die Fehleranalysefragen gaben und damit keine Einordnung in Fehlerformen nach Graber [64] oder Fehlerart nach Reason [57] möglich war (Bsp.: „Kleine Fehler aber ich war gut“, Testperson 46).



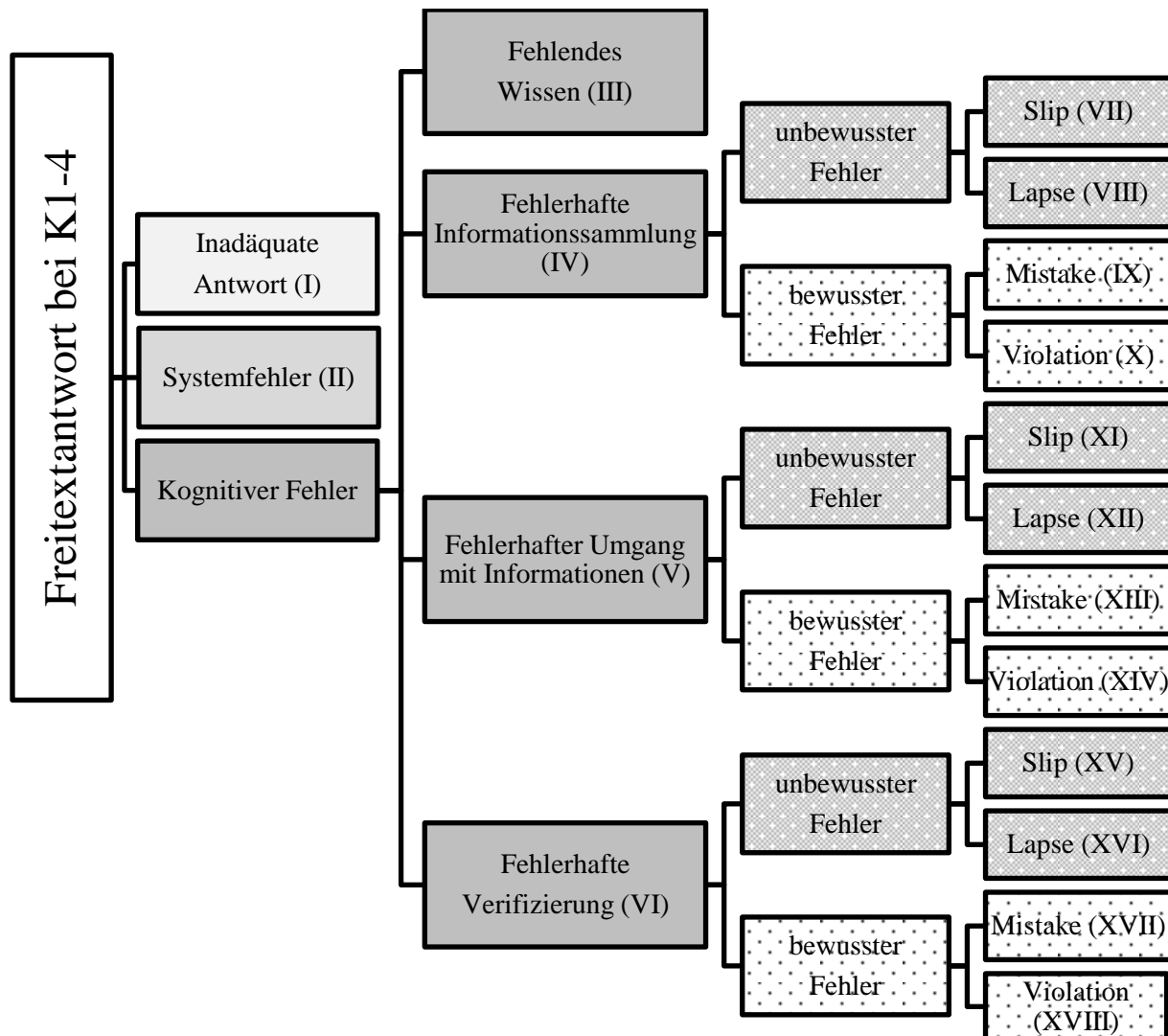


Abbildung 7: Kodierschema mit Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57]

### 3.4. Fehlerkodierung

Mit Hilfe des entwickelten Kodierschemas wurde die Kodierung der Freitextantworten mit MAXQDA 11 durchgeführt. Um eine Inter-Coder-Übereinstimmung zu gewährleisten, wurden 10 % der Freitextantworten ( $N = 80$ ) von einem zweiten, unabhängigen Kodierer co-kodiert. Dabei ergab sich zunächst ein moderater Zusammenhang mit Cohen's  $\kappa = 0.59$  (65 % Übereinstimmung) [84]. Nach einem Treffen zwischen den Kodierern und Diskussion der Unstimmigkeiten wurde eine gute Übereinstimmung  $\kappa = 0.69$  (75 % Übereinstimmung) erreicht [84].

Für die Kodierung wurde zuerst der Freitext zur Fehleranalysefrage 1 „Können Sie sich erklären, was Sie falsch gemacht haben?“ verwendet [82]. Durch die Analyse des Textes wurde untersucht, ob der

Text Merkmale eines kognitiven Fehlers oder Systemfehlers zeigt oder ob die Antwort inadäquat war (vgl. Abbildung 7).

Falls die Antwort inadäquat (I) war, wurde die Fehleranalysefrage 2 „Wie können Sie Ihren Fehler das nächste Mal vermeiden?“ noch betrachtet [82], um aus dieser möglicherweise einen System- oder kognitiven Fehler identifizieren zu können. Wenn auch die Fehleranalysefrage 2 nur eine inadäquate Antwort zeigte, wurde dieser Freitext dementsprechend kodiert. Falls die Testperson bei der Fehleranalysefrage 1 Merkmale eines Systemfehlers (II) berichtete, wurde dieser Freitext dementsprechend kodiert. Bei der Identifikation eines kognitiven Fehlers wurde dieser zunächst in eine der Kategorien der Fehlerformen nach Graber [64] eingeordnet. Dabei wurde der Freitext als „fehlendes Wissen“ (III), „fehlerhafte Informationssammlung“ (IV), „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ (V) oder als „fehlerhafte Verifizierung“ (VI) klassifiziert. Falls der Fehler bei „fehlendem Wissen“ (III) eingeordnet wurde, war hier der Kodiervorgang für diesen Freitext beendet. Falls keine Zuordnung zu einer Fehlerform nach Graber [64] möglich war, wurde diese ausgelassen und direkt eine Einordnung in Fehlerarten nach Reason [57] vorgenommen. Ansonsten wurde zusätzlich zur Fehlerform nach Graber [64] die Kodierung der Fehlerarten nach Reason [57] hinzugefügt. Dabei wurde zwischen einem unbewussten oder bewussten Fehler unterschieden. Berichtete die Testperson von einem unbewussten Fehler, wurde dieser anhand seiner Merkmale als „Slip“ (VII, XI, XV) oder „Lapse“ (VIII, XII, XVI) klassifiziert. Falls der Fehler bewusst herbeigeführt worden war, wurde dieser anhand seiner Merkmale als „Mistake“ (IX, XIII, XVII) oder „Violation“ (X, XIV, XVIII) kodiert. Falls keine Einteilung in Fehlerarten nach Reason [57] möglich war, wurde nur die Kodierung nach Fehlerformen nach Graber [64] beibehalten. So ergaben sich theoretisch 22 Möglichkeiten, einen Fehler einzuordnen (vgl. Tabelle 6).

<b>Möglich- keiten</b>	<b>Fehlerkategorien</b>	<b>Beispiele</b>
1	Inadäquate Antwort	„Medikamentöse Therapie: nicht alles richtig.“ (Testperson 38)
2	Systemfehler	„In meinem PJ-Krankenhaus war das Management genauso wie ich es angekreuzt habe, deswegen habe ich mich darauf verlassen.“ (Testperson 39)
3	Fehlendes Wissen	„Einfach nicht gewusst was [die] Zeichen eines Hinterwandinfarkts von einer entzündlichen/anderen Genese unterscheidet.“ (Testperson 36)
4	Fehlerhafte Informationssammlung	„Die Kästchen nicht gut gezählt.“ (Testperson 46)
5	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	„Schlechter Umgang mit der Info.“ (Testperson 46)
6	Fehlerhafte Verifizierung	[kein Beispiel]
7	Slip	„Konzentrationsfehler.“ (Testperson 45)
8	Lapse	„P dextroatriale habe ich vergessen.“ (Testperson 66)
9	Mistake	„Nicht genügend nachgedacht.“ (Testperson 76)
10	Violation	„Aus Ungeduld noch drei bestmögliche Alternativen zum frischen Infarkt herausgesucht.“ (Testperson 54)
11	Fehlerhafte Informationssammlung + Slip	„Ich habe die eine negative T Welle in aVL einfach übersehen.“ (Testperson 39)
12	Fehlerhafte Informationssammlung + Lapse	„P dextroatriale: Folgefehler aus vorhergehendem fehlerhaften Befund, habe mir nicht gemerkt, dass das P in II überhöht ist.“ (Testperson 60)
13	Fehlerhafte Informationssammlung + Mistake	„Bei Nitro und $\beta$ -Blocker hab ich wieder nicht auf die Frequenz bzw. Blutdruck des Patienten geachtet.“ (Testperson 59)
14	Fehlerhafte Informationssammlung + Violation	„Genaues Ausmessen, nicht nur abschätzen.“ (Testperson 64)
15	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Slip	„Medikamente akut mit Langzeittherapie verwechselt.“ (Testperson 61)
16	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Lapse	„Ich habe einfach vergessen, dass das p pulmonale ja auch Zeichen einer Rechtsherzbelastung ist.“ (Testperson 39)
17	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Mistake	„Über alle möglichen Antworten nachdenken. Nicht frühzeitig "freuen", dass man die Lösung gefunden hat, sondern alternativen in Betracht ziehen.“ (Testperson 72)

18	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Violation	„Ich war mit meiner Antwort zufrieden und zu faul alle anderen Antworten auf "sicher nicht zutreffend" zu überprüfen.“ (Testperson 74)
19	Fehlerhafte Verifizierung + Slip	„Bin in der Zeile verrutscht.“ (Testperson 76)
20	Fehlerhafte Verifizierung + Lapse	„Habe vergessen, die linksventrikuläre Hypertrophie anzukreuzen.“ (Testperson 71)
21	Fehlerhafte Verifizierung + Mistake	„Bei den Hauptvektoren hab ich nur den "größten" ausgesucht, hier hätte ich alle 3 wählen sollen.“ (Testperson 71)
22	Fehlerhafte Verifizierung + Violation	[kein Beispiel]

Tabelle 6: Fehlerkategorien mit Beispielen

### 3.5. Auswertung der Fehleridentifikation und -klassifikation

Die mit MAXQDA 11 kodierten Antworten wurden nach der Kodierung in eine Microsoft Excel-Datei 2010 übertragen und in dieser in ein Zahlenformat umgewandelt. Anschließend konnte die Anzahl der Fehler pro Fehlerkategorie und je Kompetenzniveau bzw. EKG Lernfall bestimmt werden.

Für die Ermittlung der relativen Fehleranzahl wurden die markierten Antworten der Testpersonen aus der langen Antwortliste während des Studientages am Server gespeichert und dann als Microsoft Excel-Datei 2010 exportiert. Diese wurden zuerst mit der Musterlösung der jeweiligen langen Antwortliste verglichen. Dabei wurde jede fälschlicherweise nicht gewählte oder fälschlicherweise ausgewählte Antwort als ein Fehler gewertet. Somit ergab sich die absolute Fehleranzahl pro Kompetenzniveau bzw. pro EKG Lernfall. Um die Fehleranzahl zwischen den Kompetenzniveaus vergleichen zu können (z.B. Fehleranzahl pro Kompetenzniveau 1 im Vergleich zur Fehleranzahl in Kompetenzniveau 2), musste zuerst eine Umrechnung in einem Prozentsatz erfolgen, da bei den verschiedenen Kompetenzniveaus verschiedene Mehrfachwahl-Fragen-Formen verwendet wurden und damit auch unterschiedlich absolute Fehleranzahlen zustande kommen konnten. Bei Kompetenzniveau 1, 2 und 4 wurde die Mehrfachwahl-Fragen-Form verwendet, bei denen keine Anzahl an zu markierenden Antworten vorgegeben wurde. Bei Kompetenzniveau 3 wurde die Antwortzahl auf drei zu markierende Antworten (EKG Lernfall 2, EKG Lernfall 4) bzw. vier zu markierende Antworten (EKG Lernfall 1, EKG Lernfall 3) festgelegt. Um die Fehleranzahl zwischen den Kompetenzniveaus

also vergleichen zu können, wurde die relative Fehleranzahl anhand des Quotienten aus Anzahl an fehlenden und fehlerhaft markierten Antworten zur Anzahl an richtigen Antwortmöglichkeiten bzw. Antwortkategorien errechnet.

Anschließend wurden die Daten mit der Fehlerkodierung und die der relativen Fehleranzahl in IBM SPSS Statistics 22 eingelesen und dort weiter analysiert. Dabei wurden für die deskriptive Statistik Mittelwerte, Mediane, Standardabweichungen, Varianzen, Konfidenzintervalle und Werte der Kurtosis und Schiefe dargestellt. Bei der Analyse der deskriptiven Statistik zeigte sich, dass die Daten nicht normalverteilt sind. Dies war auf Grund der geringen Anzahl von kodierten Fehlern in manchen Fehlerkategorien zu erwarten. So fielen bei der Untersuchung der Kurtosis und Schiefe zum Teil nicht normalverteilte Werte auf. Bei der Darstellung der Daten mittels Boxplots traten bei wenigen Fehlerkategorien (z.B. Fehlerarten nach Reason [57] „Violation“) zusätzlich Ausreißer auf. Nachdem auch der Kolmogorov-Smirnov-Test sowie der Shapiro-Wilk-Test in diesen Kategorien auf nicht normalverteilte Wert hindeuteten, wurde für die induktive Statistik ein nicht-parametrisches Verfahren (Friedman's Test) verwendet. Der Friedman's Test wurde zuerst für die vier EKG Lernfälle und für die vier Kompetenzniveaus pro relativer Fehleranzahl, Fehlerform nach Graber [64] und Fehlerart nach Reason [57] angewandt. Anschließend wurden Unterschiede mit Hilfe des Friedman's Tests zwischen den Fehlerformen nach Graber [64] untereinander, den Fehlerarten nach Reason [57] untereinander sowie für die Untersuchung der Assoziationen zwischen Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] durchgeführt. Für alle Friedman's Tests wurde als Post-Hoc-Verfahren der Wilcoxon Test benutzt, dessen Ergebnisse mit der Bonferroni-Holm-Korrektur berichtigt wurden.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Probandenbefragung

Anhand der Auswertung des Prä-Test-Fragebogens zeigte sich, dass 65.3 % der Teilnehmer/innen schon mal an einem EKG Kurs im Rahmen eines Pflichtcurriculums teilgenommen und 59.2 % bereits einen EKG Onlinekurs während eines Wahlcurriculums genutzt hatten. Die Studierenden gaben bei möglicher Mehrfachnennung auch an, dass sie für die Vertiefung des EKG Lernstoffes zu 79.6 % Lehrbücher, zu 30.6 % online Materialien und zu 12.2 % online Kurse verwendet hatten.

Praktische EKG Erfahrungen hatten 22.4 % der Testpersonen im Rahmen einer Famulatur in einer kardiologischen Fachabteilung gesammelt. Gleichzeitig gaben 20.4 % der Probanden/innen an, noch nie selbständig ein EKG befundet zu haben.

44.9 % schätzten ihre Fähigkeiten, einen EKG zu interpretieren, als gering, 49.0 % immerhin als mittelmäßig ein. 40.8 % der Teilnehmer/innen denken, dass die Fähigkeit ein EKG befunden zu können wichtig sei, 42.9 % sogar, dass sie sehr wichtig sei.

### 4.2. Fehleridentifikation

#### 4.2.1. Höhe der relativen Fehlerrate

Zur Überprüfung, ob die relative Fehlerrate während der EKG Interpretation innerhalb der relativen Fehlerrate von 4 bis 33 % von Salerno (2003) [9] liegt (vgl. Forschungsfrage 1 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurden die markierten Antworten aus der langen Antwortliste ( $n = 6709$ ) mit der Musterlösung der langen Antwortliste verglichen. Dadurch konnten 2878 fehlend oder fehlerhaft markierte Antworten identifiziert werden. Dies entspricht im Durchschnitt 58.34 Fehler pro Teilnehmer/in ( $SD$  12.96; 95 %  $KI$  54.71 - 61.97) und ergibt eine relative Fehlerrate<sup>4</sup> von 20 %. Dieses Ergebnis bestätigt somit die angenommene Hypothese H1 (vgl. Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

---

<sup>4</sup> Relative Fehlerrate [%] =  $\frac{\text{fehlende und fehlerhaft markierte Antworten}}{\text{richtige Antwortmöglichkeiten bzw. Antwortkategorien}} \times 100 \%$

#### ***4.2.2. Häufigkeiten der Kodierungen***

Für die Untersuchung der Häufigkeiten der Kodierungen (vgl. Forschungsfrage 2 und 3 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen) wurden zunächst aus den 784 Freitextantworten (49 Testpersonen x 4 EKG Lernfälle x 4 Kompetenzniveaus) insgesamt 927 Aussagen identifiziert. Dies ergab sich dadurch, dass die Probanden/innen pro Freitextantwort 0 bis 7 Fehler aufgezeigt hatten. Dies war möglich, da die einzige Vorgabe war, mindestens einen Fehler bei falscher Beantwortung der langen Antwortliste auszuführen. Somit konnte aus einem einzelnen Freitext beispielsweise sowohl zwei „Systemfehler“ als auch eine „fehlerhafte Verifizierung“ in Assoziation mit einem „Slip“ identifiziert werden (z.B. „Antikoagulation ist anscheinend falsch, aber ASS und Heparin richtig. Ich weiß nicht recht, warum das falsch ist. Und bei uns im KH [= Krankenhaus] kommen die Infarkt Patienten auf die kardiologische Normalstation.... Aber zum Fehler den ich verstehe: Ich habe mich verlesen, habe das [Wort] "zentral" überlesen und dachte an einen gewöhnlichen venösen Zugang für das Morphin und das ASS.“ (Testperson 58)). Nur 79 lange Antwortlisten wurden komplett richtig beantwortet, sodass bei den zugehörigen Freitextantworten eine Fehleranalyse entfiel. Somit wurde effektiv von 848 Fehlern berichtet (927 Aussagen – 79 fehlerfreie Benachrichtigungen = 848 Fehlerberichte). Im Schnitt wurde also pro Freitext 1 Fehler berichtet (848 Fehlerberichte ÷ 784 Freitextantworten  $\cong$  1 Fehlerbericht/Freitextantwort). Die Fehlerberichte wurden anschließend in die folgenden 22 möglichen Fehlerkategorien eingeteilt (vgl. Tabelle 7).

<b>Fehlerkategorien</b>			
<b>1</b>	Inadäquate Antwort	<b>12</b>	Fehlerhafte Informationssammlung + Lapse
<b>2</b>	Systemfehler	<b>13</b>	Fehlerhafte Informationssammlung + Mistake
<b>3</b>	Fehlendes Wissen	<b>14</b>	Fehlerhafte Informationssammlung + Violation
<b>4</b>	Fehlerhafte Informationssammlung	<b>15</b>	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Slip
<b>5</b>	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	<b>16</b>	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Lapse
<b>6</b>	Fehlerhafte Verifizierung	<b>17</b>	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Mistake
<b>7</b>	Slip	<b>18</b>	Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Violation
<b>8</b>	Lapse	<b>19</b>	Fehlerhafte Verifizierung + Slip
<b>9</b>	Mistake	<b>20</b>	Fehlerhafte Verifizierung + Lapse
<b>10</b>	Violation	<b>21</b>	Fehlerhafte Verifizierung + Mistake
<b>11</b>	Fehlerhafte Informationssammlung + Slip	<b>22</b>	Fehlerhafte Verifizierung + Violation

Tabelle 7: Fehlerkategorien

Praktisch kamen aber nur 20 der 22 möglichen Fehlerkategorien in der Studie vor („fehlerhafte Verifizierung“ (6) und „fehlerhafte Verifizierung + Violation“ (22) traten nicht auf). Damit ergaben sich folgende Zusammensetzungen der Fehlerberichte  $n = 848$  (siehe Abbildung 8).



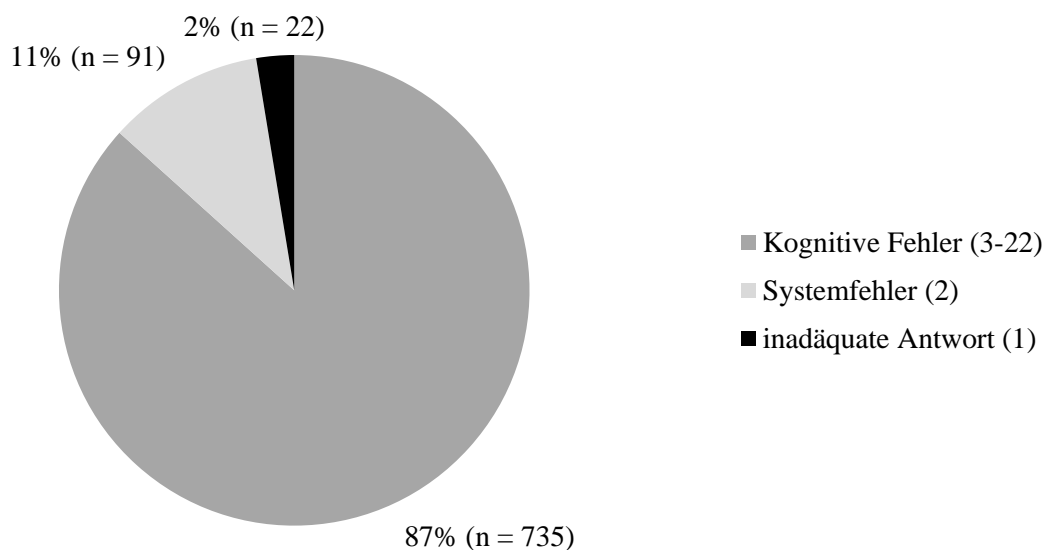


Abbildung 8: Häufigkeiten der Kodierungen

Die aufgetretenen Häufigkeiten der Kodierungen (vgl. Abbildung 8) bestätigten somit die Annahme, dass „kognitive Fehler“ gegenüber den „Systemfehlern“ dominieren (vgl. Hypothese H2a im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen). Die „kognitiven Fehler“ (87 %, n = 735) wurden anschließend möglichst gleichzeitig in Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] kodiert (Fehlerkategorie 11-22), falls dies nicht möglich war, wurde nur nach Fehlerformen nach Graber [64] (Fehlerkategorie 3-6) oder nur nach Fehlerarten nach Reason [57] (Fehlerkategorie 7-10) kodiert. So kamen folgende Häufigkeiten zustande (vgl. Tabelle 8).

Klassifizierung der kognitiven Fehler	Kodierungen absolut	Kodierungen relativ
Fehlerarten nach Reason [57] unkonjugiert (Fehlerkategorie 7-10)	42	6 %
Fehlerformen nach Graber [64] unkonjugiert (Fehlerkategorie 3-6)	179	24 %
Fehlerformen nach Graber [64] & Fehlerarten nach Reason [57] konjugiert (Fehlerkategorie 11-22)	507	69 %
Fehlerarten nach Reason [57] unkonjugiert & konjugiert (Fehlerkategorie 7-22)	549	75 %
Fehlerformen nach Graber [64] unkonjugiert & konjugiert (Fehlerkategorie 3-6, 11-22)	694	94 %
<b>Gesamt (Fehlerkategorie 3-22)</b>	<b>735</b>	<b>100 %</b>

Tabelle 8: Häufigkeiten der kognitiven Fehler

Die Fehlerformen nach Graber [64]  $n = 649$  (Fehlerkategorie 3-6, 11-22) teilten sich dabei wie folgt auf (vgl. Abbildung 9).

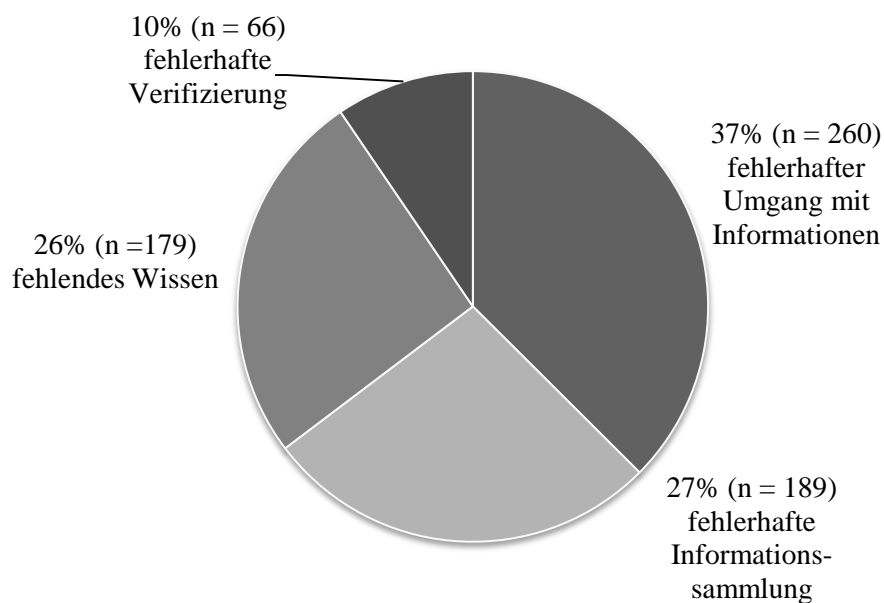


Abbildung 9: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64]

Die Fehlerarten nach Reason [57]  $n = 549$  (Fehlerkategorie 7-22) kamen in folgenden Häufigkeiten vor (vgl. Abbildung 10).

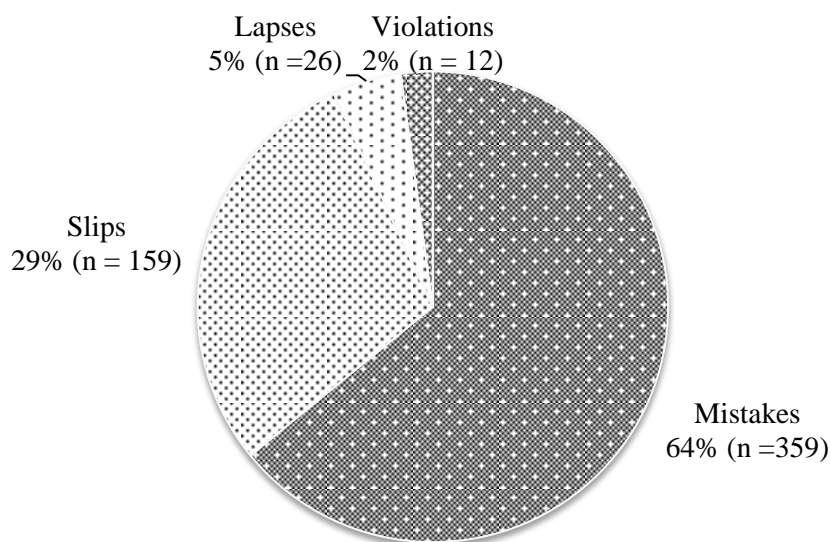


Abbildung 10: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57]

Die Assoziationen zwischen den Fehlerformen nach Graber [64] und den Fehlerarten nach Reason [57] setzen sich wie folgt zusammen (vgl. Tabelle 9).

<b>Fehlerassoziationen</b>	<b>absolute Anzahl</b>	<b>relative Anzahl</b>
<b>Fehlerhafte Informationssammlung + Slip</b>	73	14 %
<b>Fehlerhafte Informationssammlung + Lapse</b>	5	1 %
<b>Fehlerhafte Informationssammlung + Mistake</b>	105	21 %
<b>Fehlerhafte Informationssammlung + Violation</b>	3	1 %
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Slip</b>	14	3 %
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Lapse</b>	12	2 %
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Mistake</b>	222	44 %
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen + Violation</b>	7	1 %
<b>Fehlerhafte Verifizierung + Slip</b>	40	8 %
<b>Fehlerhafte Verifizierung + Lapse</b>	7	1 %
<b>Fehlerhafte Verifizierung + Mistake</b>	19	4 %
<b>Fehlerhafte Verifizierung + Violation</b>	0	0 %
<b>Gesamt</b>	507	100%

Tabelle 9: Häufigkeiten der Assoziationen zwischen den Fehlerformen nach Graber [64] und den Fehlerarten nach Reason [57]

#### 4.2.3. Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber

Für die Untersuchung, welche Fehlerform nach Graber [64] bei der EKG Interpretation am häufigsten vorkommt (vgl. Forschungsfrage 2 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurden die Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] anhand aller Freitextantworten ( $n = 784$ ) dargestellt. Das Ergebnis der deskriptiven Statistik gibt Tabelle 10 wieder.

	<i><b>n</b></i>	<i><b>MW</b></i>	<i><b>SD</b></i>	<i><b>Min.</b></i>	<i><b>Max.</b></i>	<i><b>Mittlerer Rang</b></i>
<b>Fehlendes Wissen</b>	784	0,23	0,42	0	2	2,53
<b>Fehlerhafte Informationssammlung</b>	784	0,24	0,47	0	3	2,53
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen</b>	784	0,33	0,51	0	3	2,7
<b>Fehlerhafte Verifizierung</b>	784	0,08	0,28	0	1	2,24

Tabelle 10: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] über alle Freitextantworten

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64]  $\chi^2(3) = 107.56, p < .001$ . Als Post-Hoc Test wurde der Wilcoxon Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt (vgl. Tabelle 11).

	<b>Wilcoxon Test 1</b>	<b>Wilcoxon Test 2</b>	<b>Wilcoxon Test 3</b>	<b>Wilcoxon Test 4</b>	<b>Wilcoxon Test 5</b>	<b>Wilcoxon Test 6</b>
<b>Korrigiertes <math>\alpha</math></b>	<.008	<.01	<.0125	<.017	<.025	<.05

Tabelle 11: Korrigiertes  $\alpha$  nach Bonferroni-Holm-Korrektur [85]

Dabei wurde erkannt, dass die Fehlerform „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ signifikant häufiger vorkommt als „fehlendes Wissen“ ( $z = -3.82, p = <.001, r = -0.10$ ), „fehlerhafte Informationssammlung“ ( $z = -3.30, p = .001, r = -0.08$ ) oder „fehlerhafte Verifizierung“ ( $z = -10.57, p = <.001, r = -0.27$ ) und bestätigt damit die Annahme, dass der „fehlerhafte Umgang mit Informationen“ am häufigsten vorkommt (vgl. Hypothese H2b im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen). Die „fehlerhafte Verifizierung“ kommt zusätzlich signifikant seltener als „fehlendes Wissen“ ( $z = -7.40, p = <.001, r = -0.19$ ) und als „fehlerhafte Informationssammlung“ ( $z = -7.48, p = <.001, r = -0.19$ ) vor.

#### 4.2.4. Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason

Um zu klären, welche Fehlerart nach Reason [57] bei der EKG Interpretation am häufigsten vorkommt (vgl. Forschungsfrage 3 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurden die Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] anhand aller Freitextantworten ( $n = 784$ ) dargestellt. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik stellt Tabelle 12 dar.

	<b><i>n</i></b>	<b><i>MW</i></b>	<b><i>SD</i></b>	<b><i>Min.</i></b>	<b><i>Max.</i></b>	<b><i>Mittlerer Rang</i></b>
<b>Slip</b>	784	0,2	0,418	0	3	2,56
<b>Lapse</b>	784	0,03	0,179	0	1	2,23
<b>Mistake</b>	784	0,45	0,558	0	3	3,01
<b>Violation</b>	784	0,02	0,123	0	1	2,2

Tabelle 12: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] über alle Freitextantworten

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57]  $\chi^2 (3) = 521.28, p < .001$ . Als Post-Hoc Test wurde der Wilcoxon Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt, bei dem sich folgende signifikanten Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der verschiedenen Fehlerarten nach Reason [57] zeigten (vgl. Tabelle 13). Damit konnte bestätigt werden, dass „Mistake“ bei der EKG Interpretation am häufigsten vorkommt (vgl. Hypothese H3 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

	<b>Slip - Lapse</b>	<b>Slip - Mistake</b>	<b>Slip - Violation</b>	<b>Mistake - Lapse</b>	<b>Mistake - Violation</b>	<b>Lapse - Violation</b>
<i>z</i>	-9,73	-8,49	-11,13	-15,97	-16,94	-2,27
<i>p</i>	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	0,023*
<i>r</i>	-0,25	-0,21	-0,28	-0,40	-0,43	-0,06

Tabelle 13: signifikante Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der verschiedenen Fehlerarten nach Reason [57] im Wilcoxon Test (\* = Signifikanz)

### **4.3. Fehleranalyse**

#### **4.3.1. EKG Lernfälle**

##### **4.3.1.1. Unterschiede der relativen Fehleranzahl bei verschiedenen EKG Themengebieten**

Um Unterschiede bei der Anzahl der Fehler zwischen den verschiedenen EKG Themengebieten zu erkennen (vgl. Forschungsfrage 4 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurde die relative Fehleranzahl der jeweiligen EKG Lernfälle bestimmt und miteinander verglichen. Für die Bestimmung der relativen Fehleranzahl wurde die Anzahl der Fehler des jeweiligen EKG Lernfalls ins Verhältnis zur Gesamtzahl der möglichen Freitextantworten pro EKG Lernfall gesetzt (mögliche Freitextantworten pro EKG Lernfall = 49 Teilnehmer/innen x 4 Kompetenzniveaus = 196 = *n*). Dabei gibt Tabelle 14 das Ergebnis wieder.

	<i>n</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Fehleranzahl in EKG Lernfall 1</b>	196	22,58	13,08	0	75	2,83
<b>Fehleranzahl in EKG Lernfall 2</b>	196	17,54	15,17	0	116,67	2,26
<b>Fehleranzahl in EKG Lernfall 3</b>	196	20,85	18,34	0	75	2,46
<b>Fehleranzahl in EKG Lernfall 4</b>	196	19,31	15,50	0	66,67	2,46

Tabelle 14: Relative Fehleranzahl in den verschiedenen EKG Lernfällen

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Fehleranzahl der verschiedenen EKG Lernfälle  $\chi^2(3) = 21.24, p < .001$ . Als Post-Hoc Test wurde der Wilcoxon Test mit einer Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt. Dabei zeigte sich, dass bei EKG Lernfall 1 signifikant mehr Fehler als bei EKG Lernfall 2 auftraten ( $z = -4.68, p < .001, r = -0.24$ ) und widerlegte damit die Annahme, dass sich die relative Fehleranzahl zwischen den EKG Themengebiete nicht unterscheidet (vgl. Hypothese H4 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

#### 4.3.1.2. Unterschiede bei den Fehlerformen abhängig vom EKG Themengebiet

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, ob es ein EKG Themengebiet gibt, das signifikant mehr Fehlerformen nach Graber [64] hervorruft als die anderen Themengebiete (vgl. Forschungsfrage 5 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurde die Anzahl jeder Fehlerform nach Graber [64] pro EKG Lernfall untersucht ( $n = 196 = 49$  Teilnehmer/innen x 4 Kompetenzniveaus). Dabei stellt Tabelle 15 die Ergebnisse der deskriptiven Statistik dar.

	<i>n</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Fehlendes Wissen pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,21	0,41	0	1	2,46
<b>Fehlendes Wissen pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,18	0,38	0	1	2,4
<b>Fehlendes Wissen pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,26	0,45	0	2	2,56
<b>Fehlendes Wissen pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,27	0,44	0	1	2,58

<b>Fehlerhafte Informationssammlung pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,33	0,56	0	3	2,65
<b>Fehlerhafte Informationssammlung pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,18	0,42	0	2	2,38
<b>Fehlerhafte Informationssammlung pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,21	0,42	0	2	2,45
<b>Fehlerhafte Informationssammlung pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,24	0,43	0	1	2,52
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,39	0,57	0	3	2,58
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,3	0,48	0	2	2,44
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,34	0,49	0	2	2,54
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,3	0,48	0	2	2,44
<b>Fehlerhafte Verifizierung pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,12	0,33	0	1	2,58
<b>Fehlerhafte Verifizierung pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,09	0,29	0	1	2,52
<b>Fehlerhafte Verifizierung pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,06	0,23	0	1	2,44
<b>Fehlerhafte Verifizierung pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,07	0,25	0	1	2,46

Tabelle 15: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] pro EKG Lernfall

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den EKG Lernfällen bei der „fehlerhaften Informationssammlung“  $\chi^2(3) = 16.07$ ,  $p = .001$ . Der als Post-Hoc durchgeführte Wilcoxon Test, bei dem eine Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt wurde, zeigte auf, dass bei EKG Lernfall 1 signifikant mehr „fehlerhafte Informationssammlungen“ vorkamen als bei EKG Lernfall 2 ( $z = -3.41$ ,  $p = .001$ ,  $r = -0.24$ ) und als bei EKG 3 ( $z = -2.84$ ,  $p = .005$ ,  $r = -0.20$ ) und widerlegt damit

die Annahme, dass es kein EKG Themengebiet gibt, das signifikant mehr Fehlerformen nach Graber [64] hervorruft als die anderen Themengebiete (vgl. Hypothese H5 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

#### **4.3.1.3. Unterschiede bei den Fehlerarten pro EKG Themengebiet**

Für die Untersuchung, ob es ein EKG Themengebiet gibt, das signifikant mehr Fehlerarten nach Reason [57] hervorruft als die anderen Themengebiete (vgl. Forschungsfrage 6 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurde die Anzahl jeder Fehlerart nach Reason [57] pro EKG Lernfall untersucht ( $n = 196 = 49$  Teilnehmer/innen x 4 Kompetenzniveaus). Dabei gibt Tabelle 16 die Ergebnisse der deskriptiven Statistik wieder.

	<i>n</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Slip pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,27	0,48	0	3	2,61
<b>Slip pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,2	0,41	0	2	2,49
<b>Slip pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,16	0,38	0	2	2,42
<b>Slip pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,18	0,39	0	1	2,47
<b>Lapse pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,03	0,16	0	1	2,48
<b>Lapse pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,02	0,14	0	1	2,47
<b>Lapse pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,06	0,23	0	1	2,55
<b>Lapse pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,03	0,17	0	1	2,49
<b>Mistake pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,55	0,58	0	3	2,59
<b>Mistake pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,65	0,86	0	4	2,65
<b>Mistake pro EKG Lernfall 3</b>	196	0,44	0,55	0	2	2,42
<b>Mistake pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,41	0,56	0	3	2,34



<b>Violation pro EKG Lernfall 1</b>	196	0,05	0,21	0	1	2,56
<b>Violation pro EKG Lernfall 2</b>	196	0,01	0,07	0	1	2,48
<b>Violation pro EKG Lernfall 3</b>	196	0	0	0	0	2,47
<b>Violation pro EKG Lernfall 4</b>	196	0,01	0,10	0	1	2,49

Tabelle 16: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] pro EKG Lernfall

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den EKG Lernfällen bei „Mistake“ ( $\chi^2(3) = 11.96, p = .008$ ) und „Violation“ ( $\chi^2(3) = 17.65, p = .001$ ). Als Post-Hoc wurde der Wilcoxon Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt. Dabei zeigte sich, dass bei EKG Lernfall 2 signifikant mehr „Mistake“ vorkamen als bei EKG Lernfall 3 ( $z = -3.00, p = .003, r = -0.15$ ) und als bei EKG Lernfall 4 ( $z = -3.11, p = .002, r = -0.16$ ). Bei genauerer Betrachtung konnte erkannt werden, dass „Mistake“ innerhalb von EKG Lernfall 2 hauptsächlich bei Kompetenzniveau 1 (Stromkurvenverlauf beschreiben) und bei Kompetenzniveau 2 (EKG Befund formulieren) auftraten (61 %) (MW = 0.49, SD = 0.58, 95 % KI 0.38 – 0.60). Bei EKG Lernfall 1 kamen signifikant mehr „Violation“ vor als bei EKG Lernfall 3 ( $z = -3.00, p = .003, r = -0.15$ ). Diese Ergebnisse widerlegten damit die Annahme, dass es kein Themengebiet gibt, das fehleranfälliger für Fehlerarten nach Reason [57] ist (vgl. Hypothese H6 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

### 4.3.2. Kompetenzniveaus

#### 4.3.2.1. Unterschiede der relativen Fehleranzahl je Kompetenzniveau

Für die Erforschung, ob es einen Bearbeitungsschritt während der EKG Interpretation gibt, der eine besonders hohe relative Fehlerrate verursacht (vgl. Forschungsfrage 7 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurde die Fehleranzahl pro Kompetenzniveau anhand der Werte der Teilnehmer/innen des Kompetenzniveaus 1 (K1) von EKG Lernfall 1-4, des Kompetenzniveaus 2 (K2) von EKG Lernfall 1-4, des Kompetenzniveaus 3 (K3) von EKG Lernfall 1-4 und des Kompetenzniveaus 4 (K4) von EKG Lernfall 1-4 ermittelt ( $n = 196 = 49 \text{ Teilnehmer/innen} \times 4 \text{ EKG Lernfälle}$ ). Dabei stellt Tabelle 17 die Ergebnisse der deskriptiven Statistik dar.

	<i>n</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Relative Fehleranzahl (K1)</b>	196	14,39	8,51	0	41,67	2,11
<b>Relative Fehleranzahl (K2)</b>	196	13,42	9,42	0	42,11	2,02
<b>Relative Fehleranzahl (K3)</b>	196	33,72	22,52	0	116,67	3,28
<b>Relative Fehleranzahl (K4)</b>	196	18,76	7,60	0	41,18	2,59

Tabelle 17: Relative Fehleranzahl pro Kompetenzniveau (K1-4)

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Kompetenzniveaus bei der relativen Fehleranzahl  $\chi^2(3) = 118.31, p < .001$ . Als Post-Hoc Test wurde der Wilcoxon Test mit einer Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt. Dabei fiel auf, dass bei Kompetenzniveau 3 (K3) mit einem signifikanten Unterschied zu den anderen Kompetenzniveaus am meisten Fehler vorkamen, gefolgt von Kompetenzniveau 4 (K4). Kompetenzniveau 1 und 2 besitzen weniger Fehler als Kompetenzniveau 3 und 4 unterscheiden sich untereinander aber nicht signifikant (vgl. Tabelle 18). Diese Ergebnisse bestätigten damit die Annahme, dass es beim Kompetenzniveau K3 eine höhere relative Fehlerrate als bei den anderen Kompetenzniveaus (K1, K2, K4) gibt (vgl. Hypothese H7 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

	<b>K1 – K2</b>	<b>K1 – K3</b>	<b>K1 – K4</b>	<b>K2 – K3</b>	<b>K2 – K4</b>	<b>K3 – K4</b>
<i>z</i>	-1,21	-9,08	-5,39	-9,49	-5,9	-7,60
<i>p</i>	0,226	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*
<i>r</i>	-0.06	-0,46	-0,27	-0,48	-0,30	-0,38

Tabelle 18: Wilcoxon Test für die relativen Fehleranzahl pro Kompetenzniveau (\* = Signifikanz)

Um die Unterschiede zwischen den Kompetenzniveaus genauer zu betrachten, wurden die Schwierigkeitsindices pro Kompetenzniveau  $p_m^5$  berechnet (vgl. Tabelle 19).

---

<sup>5</sup> Schwierigkeitsindex ( $p_m$ ) bei mehrfachen Antwortmöglichkeiten [86]  $p_m = \frac{\sum X}{N \times X_{max}}$

	<i>p<sub>m</sub></i>
<b>Kompetenzniveau 1</b>	0,81
<b>Kompetenzniveau 2</b>	0,73
<b>Kompetenzniveau 3</b>	0,63
<b>Kompetenzniveau 4</b>	0,64

Tabelle 19: Schwierigkeitsindices der Kompetenzniveaus

#### 4.3.2.2. Unterschiedliche Häufigkeiten der Fehlerformen pro Kompetenzniveau

Für die Untersuchung, welcher Bearbeitungsschritt während der EKG Interpretation am ehesten mit welcher Fehlerform nach Graber [64] assoziiert ist (vgl. Forschungsfrage 8 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurde die Anzahl der Fehlerformen nach Graber [64] pro Kompetenzniveau untersucht ( $n = 196 = 49$  Teilnehmer/innen x 4 Kompetenzniveaus). Dabei stellt Tabelle 20 die Ergebnisse der deskriptiven Statistik graphisch dar.

Kompetenzniveau	Fehlerformen nach Graber [64]	<i>n</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Kompetenzniveau 1</b>	Fehlendes Wissen	196	0,12	0,33	0	1	2,27
	Fehlerhafte Informationssammlung	196	0,67	0,58	0	3	3,26
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	196	0,14	0,37	0	2	2,29
	Fehlerhafte Verifizierung	196	0,08	0,28	0	1	2,18
<b>Kompetenzniveau 2</b>	Fehlendes Wissen	196	0,29	0,46	0	1	2,67
	Fehlerhafte Informationssammlung	196	0,09	0,28	0	1	2,27
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	196	0,36	0,50	0	2	2,79
	Fehlerhafte Verifizierung	196	0,09	0,29	0	1	2,28

$X$ : Item-Score;  $X_{max}$ : maximaler Item-Score;  $N$ : Anzahl der Teilnehmer/innen

<b>Kompetenzniveau 3</b>	Fehlendes Wissen	196	0,13	0,34	0	1	2,41
	Fehlerhafte Informationssammlung	196	0,04	0,20	0	1	2,22
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	196	0,45	0,53	0	2	3,02
	Fehlerhafte Verifizierung	196	0,11	0,31	0	1	2,35
<b>Kompetenzniveau 4</b>	Fehlendes Wissen	196	0,37	0,49	0	2	2,76
	Fehlerhafte Informationssammlung	196	0,17	0,40	0	2	2,36
	Fehlerhafter Umgang mit Informationen	196	0,37	0,55	0	3	2,72
	Fehlerhafte Verifizierung	196	0,06	0,23	0	1	2,15

Tabelle 20: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] pro Kompetenzniveau

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Fehlerformen nach Graber [64] innerhalb jedes Kompetenzniveaus (vgl. Tabelle 21).

	<b>Kompetenzniveau 1</b>	<b>Kompetenzniveau 2</b>	<b>Kompetenzniveau 3</b>	<b>Kompetenzniveau 4</b>
$\chi^2$	167,69	56,38	106,34	58,79
$df$	3	3	3	3
$p$	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*

Tabelle 21: Friedman's Test für die Anzahl an Fehlerformen nach Graber [64] je Kompetenzniveau (K1-4) (\* = Signifikanz)

Der als Post-Hoc durchgeführte Wilcoxon Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur zeigte signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der einzelnen Fehlerformen nach Graber [64], bezogen auf das jeweilige Kompetenzniveau, auf. Dabei wurden die Annahmen, dass Kompetenzniveau 1 (K1) besonders anfällig für „fehlerhafte Informationssammlung“ und Kompetenzniveau 2 bis 4 (K2, K3, K4) besonders anfällig für „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ ist, bestätigt (vgl. Hypothese H8 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen). Zusätzlich zeigte sich aber, dass beim Kompetenzniveau 2 und 4 auch „fehlendes Wissen“ vermehrt auftrat (vgl. Tabelle 22).

Kompetenzniveau	Fehlerformen nach Graber [64]	<i>z</i>	<i>p</i>	<i>r</i>
<b>Kompetenzniveau 1</b>	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlerhafte Umgang mit Informationen	-7,99	<.001*	-0,4
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlendes Wissen	-8,26	<.001*	-0,42
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlerhafte Verifizierung	-8,94	<.001*	-0,45
<b>Kompetenzniveau 2</b>	Fehlendes Wissen - Fehlerhafte Verifizierung	-4,57	<.001*	-0,23
	Fehlendes Wissen - Fehlerhafte Informationssammlung	-4,85	<.001*	-0,25
	Fehlerhafte Umgang mit Informationen - Fehlerhafte Verifizierung	-5,48	<.001*	-0,28
	Fehlerhafte Umgang mit Informationen - Fehlerhafte Informationssammlung	-5,75	<.001*	-0,29
<b>Kompetenzniveau 3</b>	Fehlerhafte Umgang mit Informationen - Fehlendes Wissen	-5,78	<.001*	-0,29
	Fehlerhafte Umgang mit Informationen - Fehlerhafte Verifizierung	-6,48	<.001*	-0,33
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlerhafte Umgang mit Informationen	-8,22	<.001*	-0,42
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlendes Wissen	-3,09	.002*	-0,16
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlerhafte Verifizierung	-2,5	.012*	-0,13

<b>Kompetenzniveau 4</b>	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlerhafte Verifizierung	-3,24	.001*	-0,16
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlerhafte Umgang mit Informationen	-3,73	<.001*	-0,19
	Fehlerhafte Informationssammlung - Fehlendes Wissen	-3,81	<.001*	-0,19
	Fehlerhafte Verifizierung - Fehlerhafte Umgang mit Informationen	-6,46	<.001*	-0,33
	Fehlerhafte Verifizierung - Fehlendes Wissen	-6,95	<.001*	-0,35

Tabelle 22: signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der einzelnen Fehlerformen nach Graber [64] bezogen auf das jeweilige Kompetenzniveau (\* = Signifikanz)

#### 4.3.2.3. Unterschiedliche Häufigkeiten der Fehlerarten je Kompetenzniveau

Für die Beantwortung der Forschungsfrage, welcher Bearbeitungsschritt während der EKG Interpretation am ehesten mit welcher Fehlerart nach Reason [57] assoziiert ist (vgl. Forschungsfrage 9 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurde die Anzahl jeder Fehlerart nach Reason [57] pro Kompetenzniveau untersucht ( $n = 196 = 49$  Teilnehmer/innen  $\times$  4 Kompetenzniveaus). Dabei gibt Tabelle 23 die Ergebnisse der deskriptiven Statistik wieder.

Kompetenzniveau	Fehlerart nach Reason [57]	<i>n</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Kompetenzniveau 1</b>	Slip	196	0,44	0,55	0	3	2,89
	Lapse	196	0,02	0,12	0	1	2,08
	Mistake	196	0,48	0,55	0	2	2,96
	Violation	196	0,01	0,10	0	1	2,07
<b>Kompetenzniveau 2</b>	Slip	196	0,14	0,35	0	1	2,5
	Lapse	196	0,06	0,24	0	1	2,34
	Mistake	196	0,38	0,54	0	2	2,92
	Violation	196	0,02	0,12	0	1	2,24

<b>Kompetenzniveau 3</b>	Slip	196	0,12	0,33	0	1	2,44
	Lapse	196	0,02	0,12	0	1	2,22
	Mistake	196	0,47	0,55	0	2	3,09
	Violation	196	0,03	0,17	0	1	2,25
<b>Kompetenzniveau 4</b>	Slip	196	0,11	0,31	0	1	2,43
	Lapse	196	0,04	0,20	0	1	2,29
	Mistake	196	0,46	0,59	0	3	3,06
	Violation	196	0,01	0,07	0	1	2,22

Tabelle 23: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] pro Kompetenzniveau

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Anzahl der Fehlerart nach Reason [57] innerhalb des jeweiligen Kompetenzniveaus (vgl. Tabelle 24).

	<b>Kompetenzniveau 1</b>	<b>Kompetenzniveau 2</b>	<b>Kompetenzniveau 3</b>	<b>Kompetenzniveau 4</b>
$\chi^2$	165,20	94,31	160,85	158,27
$df$	3	3	3	3
$p$	<.001*	<.001*	<.001*	<.001*

Tabelle 24: Friedman's Test für die Anzahl der Fehlerarten nach Reason [57] pro Kompetenzniveau (\* = Signifikanz)

Der als Post-Hoc durchgeführte Wilcoxon Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur zeigte signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der einzelnen Fehlerart nach Reason [57], bezogen auf das jeweilige Kompetenzniveau, auf. Dabei wurde die Annahme, dass Kompetenzniveau 1 bis 4 (K1, K2, K3, K4) besonders anfällig für „Mistake“ ist, bestätigt (vgl. Hypothese H9 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen). Zusätzlich zeigte sich aber, dass beim Kompetenzniveau 1 auch „Slip“ vermehrt vorkam (vgl. Tabelle 25).

<b>Kompetenzniveau</b>	<b>Fehlerart nach Reason [57]</b>	<b><math>z</math></b>	<b><math>p</math></b>	<b><math>r</math></b>
<b>Kompetenzniveau 1</b>	Slip - Lapse	-8.64	<.001*	-0.44
	Slip - Violation	-8.60	<.001*	-0.43
	Mistake - Lapse	-8.78	<.001*	-0.44
	Mistake - Violation	-9.00	<.001*	-0.45

<b>Kompetenzniveau 2</b>	Slip - Mistake	-4.47	<.001*	-0.23
	Slip - Violation	-4.49	<.001*	-0.23
	Lapse - Mistake	-6.39	<.001*	-0.32
	Mistake - Violation	-7.59	<.001*	-0.38
	Slip - Lapse	-2.60	.01*	-0.13
	Lapse - Violation	-2.32	.02*	-0.12
<b>Kompetenzniveau 3</b>	Slip - Lapse	-4.04	<.001*	-0.20
	Slip - Mistake	-6.27	<.001*	-0.32
	Slip - Violation	-3.40	<.001*	-0.17
	Lapse - Mistake	-8.73	<.001*	-0.44
	Mistake - Violation	-8.48	<.001*	-0.43
<b>Kompetenzniveau 4</b>	Slip - Mistake	-6.42	<.001*	-0.32
	Slip - Violation	-4.47	<.001*	-0.23
	Lapse - Mistake	-7.97	<.001*	-0.40
	Mistake - Violation	-8.77	<.001*	-0.44
	Lapse - Violation	-2.33	.02*	-0.12

Tabelle 25: signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der einzelnen Fehlerart nach Reason [57] pro Kompetenzniveau (\* = Signifikanz)

#### ***4.4. Rückschlüsse von Fehlerformen auf Fehlerarten***

Für die Untersuchung, ob es eine statistisch relevante Assoziation der Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] gibt (vgl. Forschungsfrage 10 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen), wurden die Häufigkeiten der Assoziationen anhand aller Freitextantworten ( $n = 784$ ) dargestellt. Dabei zeigt Tabelle 26 die Ergebnisse der deskriptiven Statistik auf.



Assoziationen		<i>N</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Mittlerer Rang</i>
<b>Fehlerhafte Informationssammlung</b>	<b>Slip</b>	784	0,09	0,30	0	3	2,56
	<b>Lapse</b>	784	0,01	0,08	0	1	2,4
	<b>Mistake</b>	784	0,13	0,35	0	2	2,65
	<b>Violation</b>	784	0	0,06	0	1	2,39
<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen</b>	<b>Slip</b>	784	0,02	0,13	0	1	2,38
	<b>Lapse</b>	784	0,02	0,12	0	1	2,37
	<b>Mistake</b>	784	0,28	0,48	0	3	2,89
	<b>Violation</b>	784	0,01	0,09	0	1	2,36
<b>Fehlerhafte Verifizierung</b>	<b>Slip</b>	784	0,05	0,22	0	1	2,56
	<b>Lapse</b>	784	0,01	0,09	0	1	2,48
	<b>Mistake</b>	784	0,02	0,15	0	1	2,51
	<b>Violation</b>	784	0	0	0	0	2,46

Tabelle 26: Häufigkeiten bei den Assoziationen zwischen Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57]

Beim Friedman's Test zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Häufigkeiten der einzelnen Assoziationen der Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] (vgl. Tabelle 27) und bestätigt damit die Annahme, dass es eine statistisch relevanten Assoziation gibt (vgl. Hypothese H10 im Kapitel 2.3 Resümee zum Theorieteil und Forschungsfragen).

	<b>Fehlerhafte Informationssammlung mit Fehlerarten nach Reason [57]</b>	<b>Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Fehlerarten nach Reason [57]</b>	<b>Fehlerhafte Verifizierung mit Fehlerarten nach Reason [57]</b>
$\chi^2$	169,28	505,02	55,82
<i>df</i>	3	3	3
<i>p</i>	<.001*	<.001*	<.001*

Tabelle 27: Friedman's Test für die Assoziationen zwischen Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] (\* = Signifikanz)

Als Post-Hoc Test wurde der Wilcoxon Test mit Bonferroni-Holm-Korrektur angewandt, bei dem sich folgende signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der verschiedenen Assoziationen der Fehlerformen nach Graber [64] und der jeweiligen Fehlerart nach Reason [57] zeigten (vgl. Tabelle 28).

<b>Assoziationen</b>	<b><i>z</i></b>	<b><i>p</i></b>	<b><i>r</i></b>
Fehlerhafte Informationssammlung mit Slip - Fehlerhafte Informationssammlung mit Lapse	-7,54	<.001*	-0,19
Fehlerhafte Informationssammlung mit Slip - Fehlerhafte Informationssammlung mit Violation	-7,86	<.001*	-0,2
Fehlerhafte Informationssammlung mit Mistake - Fehlerhafte Informationssammlung mit Lapse	-9,45	<.001*	-0,24
Fehlerhafte Informationssammlung mit Mistake - Fehlerhafte Informationssammlung mit Violation	-9,73	<.001*	-0,25
Fehlerhafte Informationssammlung mit Mistake - Fehlerhafte Informationssammlung mit Slip	-2,57	0,01*	-0,06
Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Mistake - Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Slip	-13,16	<.001*	-0,33
Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Mistake - Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Violation	-13,8	<.001*	-0,35
Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Mistake - Fehlerhafter Umgang mit Informationen mit Lapse	-13,34	<.001*	-0,34
Fehlerhafte Verifizierung mit Slip - Fehlerhafte Verifizierung mit Lapse	-4,81	<.001*	-0,12
Fehlerhafte Verifizierung mit Slip - Fehlerhafte Verifizierung mit Violation	-6,33	<.001*	-0,16
Fehlerhafte Verifizierung mit Mistake - Fehlerhafte Verifizierung mit Violation	-4,356	<.001*	-0,11
Fehlerhafte Verifizierung mit Mistake - Fehlerhafte Verifizierung mit Slip	-2,73	0,006*	-0,07
Fehlerhafte Verifizierung mit Lapse - Fehlerhafte Verifizierung mit Violation	-2,65	0,008*	-0,07
Fehlerhafte Verifizierung mit Lapse - Fehlerhafte Verifizierung mit Mistake	-2,35	0,019*	-0,06

Tabelle 28: signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der verschiedenen Assoziationen zwischen den Fehlerformen nach Graber [64] und der jeweiligen Fehlerart nach Reason [57] (\* = Signifikanz)

## ***5. Diskussion***

Das Ziel der Arbeit war es, die Fehler von Medizinstudierenden bei der EKG Interpretation zu untersuchen, um durch deren Identifikation und Analyse einen Beitrag zur Fehlerkorrektur und Fehlervermeidung leisten zu können [15, 16, 71]. Durch die Untersuchung der Fehler, die während der EKG Interpretation auftraten, konnte die relative Fehleranzahl bestimmt und die Anzahl an Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] identifiziert, klassifiziert und analysiert werden. Zusätzlich konnten diese beiden Fehlertaxonomien zueinander in Bezug gesetzt werden. Die Ergebnisse werden nun zusammengefasst und anhand der Literatur und der formulierten Hypothesen diskutiert. Anschließend werden die Methoden kritisch reflektiert und Schlussfolgerungen aus der Studie gezogen.

### ***5.1. Fehleridentifikation***

Bei der Studie wurden zunächst die Fehler anhand der Freitextantworten und der Liste der nicht gewählten oder fälschlicherweise gewählten Antworten identifiziert. Danach wurde die relative Fehleranzahl bestimmt und die Fehler in Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] klassifiziert.

Bei der Fehleridentifikation wurden 2878 von insgesamt 6709 Antworten als Fehler identifiziert. Dies entsprach einer relativen Fehlerrate von 20 %. Die relative Fehlerrate von 20 %, lag somit im Rahmen der Annahme von Schwartz und Elstein (2008), die die relative Fehlerrate in der Medizin auf 15 % schätzten [48]. Zusätzlich bestätigte der Wert die vermutete Hypothese, dass die relative Fehlerrate in dieser Studie innerhalb der relativen Fehlerrate von 4 bis 33 % von Salerno (2003) liegt [9].

Bei der anschließenden Klassifikation in Fehlerformen nach Graber [64] konnte erkannt werden, dass in dieser Studie zu 87 % „kognitive Fehler“ und zu 11 % „Systemfehler“ entstanden. Dies entsprach der angenommenen Hypothese, dass die „kognitiven Fehler“ gegenüber den „Systemfehler“ dominieren.

Bei den „kognitiven Fehlern“ kam am häufigsten „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ (37 %) vor, gefolgt von Fehlern durch „fehlerhafte Informationssammlung“ (27 %) und „fehlendes Wissen“ (26 %). Am wenigsten Fehler traten durch „fehlerhafte Verifizierung“ (10 %) auf. Diese Verteilung

weicht von den Ergebnissen von Grabers Studie (2005) ab [64]. Bei Graber (2005) traten insgesamt 7 % „Niemandsschuldfehler“, 19 % „Systemfehler“, 28 % „kognitive Fehler“ und zu 46 % eine Mischung aus „System-, und „kognitiven Fehlern“ auf [64]. Die differierenden Prozentsätze zwischen den Studien ergeben sich einerseits aus den unterschiedlichen Studiendesigns andererseits aus den verschiedenen Zielsetzungen bei den Kodierungen der Fehler. Das Design dieser Studie verhinderte „Niemandsschuldfehler“. Diese konnten einerseits nicht auftreten, da es keine ungewöhnlichen, maskierten oder stillen Krankheitspräsentationen, sowie keine unbekannten, unerforschten oder neuen Krankheiten als EKG Lernfälle gab. Andererseits, weil der/die Patient/in als selbstkreierte Fallgeschichte seine Symptome nicht fehlerhaft vorstellen oder unkooperativ sein konnte [58, 63, 64]. Allein durch dieses Design mussten sich andere Prozentsätze als bei Graber (2005) ergeben. Aber auch die unterschiedlichen Zielsetzungen der Studien und somit verschiedene Arten der Kodierung führten zu einer weiteren Verschiebung der relativen Häufigkeiten. Bei Graber (2005) konnte jede Fehlerform auch als eine Konjunktion von „Systemfehler“ und „kognitiver Fehler“ kodiert werden [64]. Dies war in dieser Studie nicht möglich, da das Ziel war, allein die „kognitiven Fehler“ näher zu untersuchen. Deshalb wurden die Fehler, die nicht sicher einem „kognitiven Fehler“ zugeordnet werden konnten, als „Systemfehler“ klassifiziert und von der darauffolgenden Fehleranalyse ausgeschlossen. Überraschenderweise ergab sich dadurch eine unerwartet hohe Rate an „Systemfehlern“ (11 %). Da es sich bei der vorliegenden Studie um Daten aus einer Laborstudie handelt und dadurch technisches Versagen und Missstände in der Organisation, die Hauptkriterien der Systemfehler [63, 64], kaum vorkommen sollten, wurde vermutet, dass eine geringe Systemfehlerrate auftreten müsste. Dass trotz akkurater Planung eine Systemfehlerrate von 11 % aufgetreten ist und die Rate an „kognitiven Fehlern“ bei „nur“ 87 % liegt, scheint es, dass entweder die Differenzierung zwischen „kognitiven Fehlern“ und „Systemfehlern“ sehr schwierig ist (die gute Übereinstimmung ( $\kappa = 0.69$  [84]) bei der Co-Kodierung widerspricht dieser Annahme eher) oder Fehler nicht entweder als „kognitiver“ oder als „Systemfehler“ auftreten, sondern häufig aus einer Mischung von beiden entstehen [16, 63, 64, 79]. Borgwart (2011) schrieb dazu, dass „vermeidbare, unerwünschte Ereignisse mit Systemfehlern und Fehlerketten, und nicht allein mit dem persönlichen Versagen von Einzelnen zusammenhängen“ [16]. Die Rangfolge der Untergruppen der „kognitiven Fehler“ setzte sich bei Graber (2005) auch anders

zusammen als in dieser Studie. Der seltenste „kognitive Fehler“ bei Grabers Studie (2005) war das „fehlende Wissen“ (3 %), danach folgend die „fehlerhafte Informationssammlung“ (14 %) und „fehlerhafte Verifizierung“ (33 %). Am häufigsten kam „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ (50 %) vor [64]. In dieser Studie kam am seltensten ein „kognitiver Fehler“ wegen einer „fehlerhaften Verifizierung“ (10 %) zustande. Dass diese Fehlerform am seltensten war, könnte daran liegen, dass die Definition der „fehlerhaften Verifizierung“ enger gefasst wurde als bei Graber (2005). Dadurch, dass die Teilnehmer/-innen ihre Schlussfolgerungen nicht anders verifizieren konnten, als ein Häkchen in der langen Antwortliste zu setzen, konnten viele Arten von „fehlerhafter Verifizierung“, wie sie bei Graber (2005) beschrieben worden sind (z.B. fehlende Konsultierung eines Facharztes, fehlende Test- oder Datenbestätigung beziehungsweise -validierung, fehlendes Follow-Up der Daten), nicht entstehen [64]. Mehr „kognitive Fehler“ als durch die „fehlerhafte Verifizierung“ entstanden in dieser Studie durch „fehlendes Wissen“ (26 %). Ein höherer Prozentsatz an „fehlendes Wissen“ war bei dieser Studie mit studentischen Teilnehmern/innen zu erwarten. Dadurch, dass die Studierenden noch in Ausbildung sind, wurde vermutet, dass mehr Fehler durch „fehlendes Wissen“ entstehen als bei Graber (2005), der seine Studie mit Fehleranalysen aus dem Klinikalltag mit Fachärzten/innen für Innere Medizin durchführte. Der zweithäufigste Fehler war in dieser Studie „fehlerhafte Informationssammlung“ (27 %) und der häufigste „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ (37 %). Dies bestätigte die erwartete Hypothese, dass der „fehlerhafte Umgang mit Informationen“ am häufigsten vorkommt. Da in Grabers Studie (2005) die Zielsetzung war, die Fehlerformen beim klinischen Schlussfolgern zu untersuchen und auch dort der „fehlerhafte Umgang mit Informationen“ am häufigsten vorkam [64], könnte dies die häufigste Fehlerform innerhalb der Inneren Medizin sein. Die Fehlerklassifikation der Fehlerarten nach Reason [57] brachte zu Tage, dass es in 34 % zu unbewussten Fehler und in 66 % zu bewussten Fehler kam. Die häufigste Fehlerart nach Reason [57] war der „Mistake“ (64 %), gefolgt von „Slip“ (29 %), „Lapse“ (5 %) und „Violation“ (2 %). Diese Verteilung bestätigte die angenommene Hypothese, dass „Mistake“ innerhalb der Studie am häufigsten vorkommt, und erzielte damit ähnliche Ergebnisse wie in der Studie von Zwaan (2012), die sich mit Fehlerarten bei der klinischen Diagnosestellung beschäftigte [80]. Wenn nur die kognitiven Fehler bei Zwaan betrachtet werden, also die mitgewerteten „Aufzeichnungsfehler“ (= Systemfehler)

bei den „kognitiven Fehlern“ herausgerechnet werden, ergeben sich bei Zwaan zu 61 % „Mistake“, zu 17 % „Slip“, zu 15 % „Lapse“ und zu 7 % „Violation“. In Summe also 32 % unbewusste Fehler und 68 % bewusste Fehler [80]. Es zeigt sich also eine sehr ähnliche Verteilung der unbewussten und bewussten Fehler. Auffällig war nur eine andere Aufteilung der „Slip“ und „Lapse“. Diese abweichende Aufteilung könnte darin begründet liegen, dass Zwaan (2012) zusätzlich zu den Aufzeichnungen auch persönliche Interviews mit den Ärzten/innen führte und so die schwer erkennbaren „Lapses“ besser identifizieren konnte [80].

Zusammenfassend zeigte sich, dass die relative Fehlerrate dieser Studie weitestgehend den Ergebnissen anderer Studien entsprach. Die Bestimmung der Fehlerformen nach Graber [64] führte zu anderen Prozentsätzen als bei Grabers Studie (2005), die sich aber durch das unterschiedliche Studiendesign, andere Art der Stichprobensammlung und verschiedene Zielsetzung erklären ließen. Die Ergebnisse der Identifikation und Klassifikation der Fehlerarten nach Reason [57] entsprachen den angenommen Hypothesen und den bekannten Daten der Studie von Zwaan [80]. Abweichungen ließen sich durch das andere Format der Datengewinnung erklären.

## **5.2. Fehleranalyse**

Nach Identifikation und Klassifikation der Fehler folgte die Analyse der relativen Fehlerrate, der Fehlerformen nach Graber [64] und der Fehlerarten nach Reason [57] anhand der verschiedenen EKG Lernfälle und Kompetenzniveaus. Die Untersuchung bestätigte bekannte Annahmen und brachte neue Erkenntnisse.

### **5.2.1. EKG Lernfälle**

Die Ergebnisse aus der Fehleranalyse zeigten zwischen den EKG Lernfällen unterschiedliche relative Fehlerraten und Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] auf.

Beim EKG Lernfall 1 (ST-Hebungsinfarkt der Hinterwand) gab es eine höhere relative Fehlerrate und mehr „fehlerhafte Informationssammlung“ und „Violation“ als beim EKG Lernfall 2 (Perimyokarditis). Zu Beginn der Studie wurde angenommen, dass es keinen Unterschied zwischen

den Lernfällen geben wird, da die Fehlervarianz meist nicht durch verschiedene Fälle sondern durch verschiedene Inhalte innerhalb eines Falles hervorgerufen wird [81]. Außerdem ist bekannt, dass Studierende vor allem Probleme mit einzelnen Darstellungen von ein- und demselben kardialen Problem haben und weniger mit nur einer spezifischen Art von Herzproblemen [8]. Eine mögliche Erklärung für die erhöhte Fehlerrate bei EKG Lernfall 1 könnte dadurch begründet sein, dass der akute Myokardinfarkt mit zu den fehlerbehaftetsten Diagnosen gehört [62, 87]. Die erhöhte Fehlerrate bei EKG Lernfall 1 könnte aber auch das Postulat von Hatala (1997) bestätigen, demzufolge eine vermehrte Informationssammlung nicht die Diagnoserichtigkeit sondern sogar die Unsicherheit erhöht [88]. Die erhöhte Rate an „Violation“ bei EKG Lernfall 1 könnte mit Routineverstößen der Teilnehmer/innen zusammenhängen. Sie könnten persönliche Motive, wie eine Zeitersparnis oder eine Vermeidung von ungeliebten Tätigkeiten, über die korrekte Erarbeitung der Lernfälle gestellt haben [19, 57]. Als sie aber nun mit mehr Fehlern „bestraft“ wurden, indem das falsche Ergebnis direkt während der Bearbeitung der Lernfälle angezeigt wurde, haben sie womöglich in Folge weniger Routineviolations bei den weiteren Lernfällen gemacht. Somit könnte insgesamt beim EKG Lernfall 1 die erhöhte relative Fehlerrate dadurch zustande gekommen sein, dass der akute Myokardinfarkt mit zu den fehlerbehaftetsten Diagnosen gehört [62, 87], eine vermehrte Informationssammlung nicht die Diagnoserichtigkeit sondern sogar die Unsicherheit erhöht [88] und die Studierenden persönliche Motive, wie eine Zeitersparnis oder eine Vermeidung von ungeliebten Tätigkeiten, über die korrekte Erarbeitung des Lernfalles gestellt haben [19, 57].

Die Erkenntnis, dass EKG Lernfall 2 (Perimyokarditis) mehr „Mistake“ aufwies als EKG Lernfall 3 (neu aufgetretenes Vorhofflimmern bei bekannter Herzinsuffizienz) und EKG Lernfall 4 (neuaufgetretener Linksschenkelblock bei bestehender Hypertonie und Herzinsuffizienz) ist eine Überraschung. Es wurde angenommen, dass zwischen den EKG Lernfällen keinen Unterschied bei der Anzahl an Fehlerarten nach Reason [57] besteht, da sich die fehlerverursachenden Gegebenheiten beim Individuum von Lernfall zu Lernfall nicht ändern sollten. Bei genauerer Betrachtung zeigte sich, dass die „Mistakes“ innerhalb vom EKG Lernfall 2 hauptsächlich bei Kompetenzniveau 1 (Stromkurvenverlauf beschreiben) und bei Kompetenzniveau 2 (EKG Befund formulieren) auftraten (61 %). Dies deutet darauf hin, dass die Testpersonen im EKG Lernfall 2 hauptsächlich Probleme mit

der Beschreibung des Stromkurvenverlaufs und Formulierung des EKG Befundes (Perimyokarditis) hatten. Somit hat sich womöglich die Anforderungen innerhalb des Kompetenzniveaus 1 und 2 bei EKG Lernfall 2 im Vergleich zu den anderen Lernfällen verändert. Die Ursache des hohen Anteils an den „systematischen Fehlern“ (= Mistakes) in diesen Kompetenzniveaus bei EKG Lernfall 2 scheint dort ein grundlegend fehlerhaftes Verständnis zu sein [14]. Dieses grundlegende fehlerhafte Verständnis, dass sich durch inakkurate Bearbeitung eines EKG mit Perikarditis-Zeichen zeigt, ist bei Mediziner\*innen in Ausbildung bekannt [89, 90]. Bei einer Studie von Hoyle (2007) stellten nur 36.5 % der beginnende/n Assistenzärzt\*innen die korrekte Diagnose einer Perikarditis [89]. Hoyle (2007) fiel dabei auf, dass die Assistenzärzt\*innen oft die ST-Hebungen der Perikarditis erkannten, aber diese fälschlicherweise einem akuten Myokardinfarkt zuordneten [89]. Auch in dieser Studie fiel auf, dass die Studierenden Probleme mit den Zeichen einer Perikarditis und der Differentialdiagnose Myokardinfarkt hatten. Die richtige Wahrnehmung der Zeichen einer Perikarditis konnten die Assistenzärzt\*innen bei Hoyle (2007) durch Training signifikant verbessern ( $p = .004$ ) [89]. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Auswertung eines EKG mit Perikarditiszeichen den Studierenden gelehrt werden kann. Somit könnte in diesem EKG Lernfall 2 beim Kompetenzniveau 1 und 2 eine höhere Anforderung an die Testpersonen im Vergleich zu den anderen Lernfällen bestanden haben, die erst durch das Training der Befundung eines EKG mit Perikarditiszeichen erlernt werden muss.

### **5.2.2. Kompetenzniveaus**

Die Fehleranalyse der Bearbeitungsschritte während der EKG Interpretation zeigte auf, dass das Kompetenzniveau von einem mittleren bis großen Effekt<sup>6</sup> die Höhe der relativen Fehlerrate, die Anzahl der Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] bestimmte.

Bei der Untersuchung der relativen Fehlerrate fiel auf, dass bei Kompetenzniveau 3 (Arbeits- ggf. Differentialdiagnosen stellen) eine höhere relative Fehlerrate auftrat als bei Kompetenzniveau 1 (Stromkurvenverlauf beschreiben), Kompetenzniveau 2 (EKG Befund formulieren) und Kompetenzniveau 4 (klinisches Prozedere angeben). Dies wurde bereits mit der Hypothese, dass es bei dem Kompetenzniveau K3 eine höhere relative Fehlerrate als bei den anderen Kompetenzniveaus (K1,

---

<sup>6</sup> $r = .10$  (kleiner Effekt);  $r = .30$  (mittlerer Effekt);  $r = .50$  (großer Effekt) [91]



K2, K4) gibt, angenommen. Die Diagnosestellung ist der Schritt, der am besten das Wissen, den klinischen Scharfsinn und die Fähigkeiten der Problemlösung reflektiert [48]. Somit könnte dieser Schritt einerseits am besten fehlende oder mangelhafte Kompetenzen bei der EKG Interpretation aufgezeigt und deshalb mehr Fehler detektieren haben. Andererseits könnte die höchste relative Fehlerrate bei Kompetenzniveau 3 auch durch die andere Art des Abprüfens der erfolgreichen Bearbeitung zustande gekommen sein. Bei Kompetenzniveau 3 sollten nur die drei bzw. vier wichtigsten Verdachtsdiagnosen genannt werden. Durch die festgesetzte Anzahl an richtigen Antworten bei den Mehrfachwahlfragen wird bereits bei einer falschen Antwort 33 % (bei drei möglichen richtigen Antworten) bzw. 25 % (bei vier möglichen richtigen Antworten) fehlerhaft beantwortet. Dementsprechend wurde ein Fehler bei Kompetenzniveau 3 stärker gewertet (Bsp. Kompetenzniveau 3: ein Fehler =  $\frac{1}{4}$  falsch = 25 %) als dies bei anderen Kompetenzniveaus der Fall war (Bsp. Kompetenzniveau 4: ein Fehler =  $\frac{1}{34}$  falsch =  $\sim 3\%$ ).

Bei der Untersuchung der Fehlerformen nach Graber [64] fiel auf, dass bei Kompetenzniveau 1 am häufigsten „fehlerhafte Informationssammlung“ vorkam, bei Kompetenzniveau 2 hauptsächlich „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ und „fehlendes Wissen“ auftauchte, bei Kompetenzniveau 3 „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ überwog und bei Kompetenzniveau 4 „fehlendes Wissen“ und „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ dominierten. Diese Fehlerformenhäufigkeiten wurden größtenteils erwartet, außer dass beim Kompetenzniveau 2 und 4 zusätzlich „fehlendes Wissen“ vermehrt auftraten. Bei Kompetenzniveau 2 musste zwischen physiologischen und pathologischen Stromkurven unterschieden, zusammenhängende Daten erkannt und zu einem Befund zusammengefasst werden [41]. Die gesammelten Daten aus Kompetenzniveau 1 mussten also hauptsächlich prozessiert und bewertet werden, um den richtigen EKG Befund stellen zu können. Anscheinend waren die Eigenschaften der auszuwählenden EKG Befunde nicht immer bekannt, sodass diese nochmal gelehrt werden sollten.

Beim Kompetenzniveau 4 mussten die weitere Versorgung, die notwendige Diagnostik, die sinnvollen Eingriffe, das allgemeine Handling und die benötigten Medikamente bestimmt werden [41]. Dafür mussten die krankheitsabhängigen Symptome, Komplikationen und Maßnahmen für die Behandlung und Prophylaxe bekannt sein. Da es aber oft verschiedenste Meinungen zur Therapie einer Krankheit

gibt, war es vermutlich für die studentischen Teilnehmer/innen schwierig, immer die richtigen Maßnahmen zu ergreifen. Die kontroversen Ansichten bezüglich der Therapien lassen sich auch anhand der Empfehlungsgrade bei Leitlinien (vgl. Tabelle 29) ablesen. Beim Empfehlungsgrad II könnte es besonders schwierig für Studierende sein einzuschätzen, ob die Maßnahme zu ergreifen ist oder nicht. Diese Unwissenheit zeigte sich wahrscheinlich an der vermehrten Anzahl an „fehlendes Wissen“.

### Empfehlungsgrade bei Leitlinien

---

- I** „Evidenz und/oder allgemeine Übereinkunft, dass eine Therapieform oder eine diagnostische Maßnahme effektiv, nützlich oder heilsam ist.“
- II** „Widersprüchliche Evidenz und/oder unterschiedliche Meinungen über den Nutzen/Effektivität einer Therapieform oder einer diagnostischen Maßnahme.“
  - IIa** „Evidenzen/Meinungen favorisieren den Nutzen bzw. die Effektivität einer Maßnahme.“
  - IIb** „Nutzen/Effektivität einer Maßnahme ist weniger gut durch Evidenzen/Meinungen belegt.“
- III** „Evidenz und/oder allgemeine Übereinkunft, dass eine Therapieform oder eine diagnostische Maßnahme nicht effektiv, nicht möglich oder nicht heilsam und im Einzelfall schädlich ist.“

Tabelle 29: Empfehlungsgrade bei Leitlinien [27]

Bei der Untersuchung der Fehlerarten nach Reason [57] fiel auf, dass „Mistake“ bei allen Kompetenzniveaus dominierte. Dies wurde bereits mit der angenommenen Hypothese vermutet und bestätigte das grundlegend fehlerhafte Verständnis bei der EKG Interpretation [14]. Zuvor hatten auch mehrere Studien aufgezeigt, dass Ärzte/innen und Auszubildende der Medizin Probleme bei der Erkennung und Interpretation von wichtigen alltäglichen oder lebensbedrohenden EKG Anomalitäten besitzen [3, 4, 9, 50, 92]. Diese Studie scheint die grundlegende Problematik bei der Befundung eines EKG zu bestätigen. Zusätzlich fiel auf, dass bei Kompetenzniveau 1 auch „Slip“ vermehrt vorkam. Viele „Slips“ deuten darauf hin, dass die Beschreibung der Stromkurven eine automatisierte Handlung in einer gewohnten Umgebung war, die zu Aufmerksamkeitsproblemen geführt hat, weshalb ein falsches Schema aktiviert wurde [19, 57, 60, 73]. Diese Annahme der automatisierten Handlung würde auch der geringe Schwierigkeitsindex bei Kompetenzniveau 1 von  $p_m = 0.81$  bestätigen. Eine einfache

Aufgabe benötigt nur wenig Aufmerksamkeit [93] und impliziert damit, dass es durch die Einfachheit zur Aufmerksamkeitsverschiebung kommen kann.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auch in dieser Studie der akute Myokardinfarkt mit zu den fehlerbehaftetsten Diagnosen gehört [62, 87] und ein grundlegend fehlerhaftes Verständnis bei der Bearbeitung eines EKG mit Perikarditiszeichen bei Medizinerinnen/innen in Ausbildung [89, 90] bestätigt wurde. Bei der Untersuchung der Kompetenzniveaus konnte gezeigt werden, dass die Diagnosestellung der Schritt ist, der am besten das Wissen, den klinischen Scharfsinn und die Fähigkeiten der Problemlösung reflektiert [48] und damit am besten fehlende oder mangelhafte Kompetenzen bei der EKG Interpretation aufzeigen und Fehler detektieren kann.

### **5.3. *Rückschlüsse von Fehlerformen auf Fehlerarten***

Abschließend zur Fehleranalyse wurden die Fehlertaxonomien zueinander in Bezug gesetzt und untersucht, ob es eine statistisch relevante Assoziation zwischen einer Fehlerform nach Graber [64] und einer Fehlerart nach Reason [57] gibt. Bei dieser Untersuchung zeigte sich, dass „fehlerhafte Informationssammlung“ hauptsächlich mit „Mistake“ assoziiert war, aber zu einem größeren Anteil auch in einer Assoziation mit „Slip“ auftrat. „Fehlerhafter Umgang mit Informationen“ kam meistens mit „Mistake“ und „fehlerhafte Verifizierung“ meistens mit „Slip“ vor. Am häufigsten wurden die Assoziation von „fehlerhaften Umgang mit Informationen“ mit „Mistake“ (44 %), „fehlerhafte Informationssammlung“ mit „Mistake“ (21 %), „fehlerhafte Informationssammlung“ mit „Slip“ (14 %) und „fehlerhafte Verifizierung“ mit „Slip“ (8 %) detektiert. Diese Untersuchung bestätigt, dass während der EKG Interpretation hauptsächlich ein grundlegend fehlerhaftes Verständnis [14] bei der Sammlung von Informationen und bei dem Umgang mit diesen vorliegt. Die Assoziation von „fehlerhafte Verifizierung“ und „fehlerhafte Informationssammlung“ mit „Slip“ könnte einerseits dadurch erklärt werden, dass bei diesen beiden kognitiven Erscheinungsorten nur die niederen kognitiven Prozesse erfasst wurden, die eher mit „Leichtsinnfehler“ assoziiert sind und zusätzlich leicht zu detektieren sind [19, 57]. Andererseits könnte durch die engere Begriffsbestimmung der „fehlerhaften Verifizierung“ in dieser Studie, in der eine Verifikation durch Facharzt-Konsultierung, Diagnosebestätigung anhand eines Tests oder Überprüfen nach Situationsveränderung [64] nicht

möglich war, nur die einfachen kognitiven Aktionen aktiviert worden sind, bei denen es zu einer Aufmerksamkeitsverschiebung zu etwas außerhalb der Handlung gekommen ist. Durch die Untersuchung konnte damit gezeigt werden, dass die jeweilige Fehlerform nach Graber [64] zu einem kleinen bis mittleren Effekt [91] das Auftreten der Fehlerart nach Reason [57] bestimmte und somit Rückschlüsse vom Erscheinungsort auf die Fehlerursache möglich sind.

#### **5.4. Kritische Methodenreflexion**

Die Studie beinhaltet mehrere Schwachpunkte sowohl im Studiendesign und in der Stichprobensammlung, als auch bei der technischen Durchführung.

Ein möglicher Schwachpunkt der Studie könnte dadurch zustande gekommen sein, dass die ausgewählten Fehlertaxonomien unvollständig sind und damit nicht alle Fehler erkannt werden konnten. Obwohl die Klassifizierungen der Fehler bereits in anderen Studien erfolgreich angewandt wurden [64, 80], kann es sein, dass die Klassifizierungen inkorrekt sind oder die Fehlerzusammensetzungen durch fehlende Fehlertypen verzerrt wurden.

Des Weiteren ist die Generalisierbarkeit dadurch erschwert, dass nur vier EKG Lernfälle aus dem weiten Gebiet der Kardiologie ausgewählt wurden. Eine weitere Betrachtung anderer EKG Themengebiete wäre notwendig gewesen, um sicher die grundsätzliche Problematik darstellen zu können. Da die Fehlervarianz meist nicht durch verschiedene Fälle sondern durch verschiedene Inhalte innerhalb eines Falles hervorgerufen wird [81], hätte die Untersuchung von einem EKG Themengebiet mit verschiedenen Aspekten möglicherweise besser die Vielschichtigkeit der Fehler aufgezeigt. Da aber in dieser Studie über 2800 Fehler identifiziert werden konnten, wird angenommen, dass die Analyse durchaus repräsentativ ist.

Ein weiterer Schwachpunkt der Studie ist, dass die EKG Interpretation an sich schon eine hohe Befundungsvariabilität aufweist. Es ist bereits bekannt, dass sogar Kardiologen/innen sich untereinander bei der Diagnosestellung nicht immer einig sind und es auch vorkommt, dass ein- und derselbe Herzspezialist/in ein EKG bei der nächsten Gelegenheit anders auswertet [9].

Ein weiterer kritischer Aspekt in der Studie stellt die erarbeitete Musterlösung dar, die zwar nach aktueller Fachliteratur und im Abgleich mit der klinischen Praxis am Klinikum der Universität

München erstellt wurde, aber keine Allgemeingültigkeit unter anderem auf Grund der verschiedenen Empfehlungs- und Evidenzgraden erzielen kann [94].

Die fehlende direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse von Kompetenzniveau 1, 2, 4 (frei wählbare Anzahl an richtigen Lösungen) auf Kompetenzniveau 3 (festgesetzte Anzahl an richtigen Lösungen) durch die verschiedenen Arten der Beantwortung der Mehrfachwahlfragen, stellt eine weitere Schwachstelle dar.

Eine Verzerrung der Fehlerzusammensetzung könnte durch die Auswahl des Formats des Fehlerberichts zustande gekommen sein [95, 96]. Bei einer direkten Observation, mündlichen Gedächtnisprotokollen oder persönlichen Interviews könnte die Zusammensetzung der Fehler sich verändern. Es könnte auch zu einer Verzerrung der Fehlerzusammensetzungen gekommen sein, dadurch, dass manche Teilnehmer/innen mehr als einen Fehler pro Fehleranalyseprompt berichtet haben. Bei einer Vorgabe der Anzahl an zu berichtenden Fehlern, wäre es nicht zur Überbewertung von Fehlern von einzelnen Testpersonen gekommen. Um aber zumindest eine objektive und valide Kodierung der Fehler zu garantieren, wurde eine Co-Kodierung durchgeführt. Diese erbrachte eine gute Übereinstimmung ( $\kappa = 0.69$  [84]), sodass die Beeinflussung des Ergebnisses auf Grund der Kodierung als gering anzusehen ist.

Unabhängig vom Studiendesign und dem Format des Fehlerberichts könnte es bei der Beschreibung der Fehler zu verschiedenen kognitiven Verzerrungen gekommen sein. Somit könnten Rückschaufehler entstanden sein, falls die Teilnehmer/innen sich durch die angezeigten Ergebnisse am Ende eines jeden Kompetenzniveaus beeinflusst haben lassen [66, 80]. Die Testpersonen könnten auch durch die freie Auswahl des zu berichtenden Fehlers, den ausgewählt haben, den sie selbst leichter detektieren konnten [97] oder der sozial erwünscht ist [78]. Bei dem Bericht der Fehler kann es auch zur Erinnerungsverzerrung gekommen sein. Diese ist vor allem in retrospektiven Analysen bekannt [98].

Die nicht randomisierte Auswahl der Testpersonen und die entgeltliche Teilnahme könnte zu einem Selektionsbias geführt haben [64]. Allerdings scheint die untersuchte Stichprobe trotzdem typische Eigenschaften der Zielgruppe aufzuweisen. Die Selbsteinschätzung der eigenen EKG Fähigkeiten zu 45 % als gering spiegeln das Ergebnis des Testpersonenkollektivs einer Studie aus Neuseeland wider,

bei denen Studierende ihre Fähigkeiten bei der EKG Interpretation ebenso zu circa 45 % als unbefriedigend oder schlecht einschätzten [4]. Auch die verschiedenen Angaben zur Vertiefung des Lernstoffes (bei möglicher Mehrfachnennung zu 79.6 % Lehrbücher, 30.6 % online Materialien, 12.2 % online Kurse, 22.4 % Famulaturen in einer kardiologischen Fachabteilung) zeigten die gängigsten didaktischen Methoden auf, die unter anderem aus Vorlesungen, Seminaren, Workshops, Konferenzen, Journal Clubs, interdisziplinäre Fallkonferenzen, Fallpräsentationen, Schulungen am Patientenbett, Lehrvisiten, Peer-Teaching, Selbststudium und internetbasiertes Lernen bestehen [3, 5, 43]. Kritisch zu sehen sind die Angaben der Testpersonen, dass nur 65.3 % an einem EKG Kurs und 59.2 % an einen EKG Onlinekurs teilgenommen hatten. Da ein EKG Unterricht zum Pflichtcurriculum im Rahmen des Medizinstudiums gehört, sollten deutlich mehr als zwei Drittel bereits einen Kurs absolviert haben. Hierbei könnte entweder die Frage im Prä-Test-Fragebogen nicht spezifisch genug gestellt worden sein oder die Testpersonen könnten Erinnerungslücken aufweisen. Nichtsdestotrotz scheint es den Studierenden bekannt zu sein, dass Behandlungsfehler oder lebensbedrohliche Situation wegen einer inkorrekten Interpretation möglich sind [3, 9, 47]. Immerhin 40.8 % der Teilnehmer/innen dachten, dass die Fähigkeit, ein EKG befunden zu können, wichtig, 42.9 % sogar, dass es sehr wichtig ist. Trotz der vielen Übereinstimmungen zwischen den Populationen könnten andere Faktoren die Stichprobe und damit das Studienergebnis beeinflusst haben. Die Teilnehmer/innen könnten durch ihr Alter, Geschlecht, Erfahrung, angestrebte Facharztrichtung, Stressresistenz oder ihrer Einstellung gegenüber Risiken ihren Präferenzen bei der Beantwortung nachgekommen sein [99]. Auch die Eigenschaften der beschriebenen Patienten/innen in den Lernfällen, wie Alter, Geschlecht, sozio-ökonomischer Statuts oder ethnischer Hintergrund [99], könnten eine Rolle bei der Bearbeitung der EKG Lernfällen gespielt haben.

Die Durchführung der Studie schien auch nicht den idealen Bedingungen entsprochen zu haben. Dies bestätigten die „Systemfehler“. In Einzelfällen berichteten die Testpersonen, dass es zu laut gewesen sei oder dass sie einen inneren Zeitdruck empfunden hätten. Es wurde zwar darauf geachtet, dass bei der Studiendurchführung eine gute Lernatmosphäre und kein Zeitdruck vorliegen, aber individuell könnten die Studienbedingungen dennoch als nicht optimal empfunden worden sein. Weitere Studierende klagten über ein fehlendes EKG Lineal oder dass der Ausdruck der EKG Kurve für

Kompetenzniveau 1 zu kurz oder in zu schlechter Qualität gedruckt worden war. Zusätzlich empfanden manche die Daten- und Antwortpräsentation unübersichtlich oder beklagten, dass die Antworten des vorherigen Kompetenzniveaus nicht bei den folgenden Kompetenzniveaus mitaufgeführt wurden. Ein Teilnehmer berichtete bei Beantwortung eines einzelnen Kompetenzniveaus von einer fehlenden Datenübertragung der markierten Antworten. Für diesen Fall konnte keine Erklärung gefunden werden. Da all diese Problemfälle aber als „Systemfehler“ deklariert wurden und aus der Analyse der „kognitiven Fehler“ ausgeschlossen wurden, wird der Einfluss auf das Studienergebnis als gering angesehen. Eine mögliche negative psychische Beeinflussung durch die „Systemfehler“ während der Bearbeitung der EKG Lernfälle, kann aber nicht ausgeschlossen werden. Leider konnten während der Studie auch kaum andere mögliche Quellen, wie Überforderung, Übermüdung oder Stress, detektiert werden, die zu einer Beeinflussung der Zusammensetzung der Fehler geführt haben könnten [64]. Für übertragbare Ergebnisse auf die tägliche Praxis wären zusätzlich „Real World Settings“ nötig gewesen [53].

Somit bleibt es unsicher, ob das neu erlangte Wissen über die Fehler während der EKG Interpretation in die alltägliche Praxis vollständig übertragen werden kann.

### ***5.5. Schlussfolgerungen aus dieser Studie***

Durch die Studie konnte die relative Fehlerrate und die wichtigsten Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] bei der EKG Interpretation identifiziert, klassifiziert und analysiert werden. Daraus konnten abhängig vom EKG Themengebiet und dem Kompetenzniveau Fehlermuster abgebildet und Ursachen erkannt werden [14]. Außerdem konnten Rückschlüsse von den Fehlerformen nach Graber [64] auf die Fehlerarten nach Reason [57] gezogen werden.

Durch die Identifikation, Klassifizierung und Analyse wurde die Voraussetzung für eine Fehlerkorrektur oder -vermeidung geschaffen [15, 16, 71]. Die erkannten Fehler und deren Ursachen könnten nun beseitigt werden und die Ergebnisse könnten als Chance für die Studierenden gesehen werden, positives Wissen zu stärken und sich negatives Wissen anzueignen [15, 19]. Des Weiteren könnte nun die Lehre angepasst werden, sodass in Lehr-/Lerninterventionen gezielter auf die Bedürfnisse und Schwächen der Studierenden eingegangen werden kann.

Um die Fehlerformen nach Graber [64] verringern zu können, sollten die jeweils assoziierten Fehlerarten nach Reason [57] beseitigt bzw. das „fehlende Wissen“ minimiert werden. Um die Problematik des „fehlenden Wissens“ zu beseitigen, sollte neues Wissen angeeignet und bestehendes Wissen vermehrt werden [53]. Eine Vergrößerung des Repertoires an Fällen sollte angestrebt werden sowie eine ständige Wiederholung der angeeigneten Kompetenzen stattfinden, um das bekannten Wissen nicht zu vergessen [63]. Die „fehlerhafte Informationssammlung“ und der „fehlerhafter Umgang mit Informationen“ sollte durch die Reduzierung von „Mistakes“ korrigiert werden. Eine Verringerung von „Mistakes“ lassen sich durch Übungen [19, 62, 89, 100], Schulungen [19, 89, 100], Darstellungs- und Entscheidungshilfen [63, 100], Automatismen [100] und einer Informationsreduzierung [100] bzw. systematischen Sammlung der Informationen [101] erreichen. Die „fehlerhafter Verifizierung“ sollte durch die Verringerung von „Slips“ verbessert werden. „Slips“ lassen sich durch gute Arbeitsbedingungen und aufmerksamkeitsfördernde Strategien verbessern [19, 100]. Gute Arbeitsbedingungen verhindern eine ungewollte Arbeitsunterbrechung, ein Multitasking oder eine Überfülle an Handlungszielen [19, 100]. Des Weiteren sollte ein zeitnahes Feedback [100], eine Konfrontation mit kognitiven Fehlertendenzen [101] und eine technische Fehlerverhinderung [19, 53] eingesetzt werden. Aufmerksamkeitsfördernde Strategien, wie eine Handlungsbeobachtung, ein Situationsbewusstsein, eine Visualisierung oder auch verschiedene Entscheidungshilfen können dazu beitragen, „Slips“ zu verringern und damit die Verifizierung zu verbessern [100].

Die spärlich vorkommenden „Violationen“, während der Studie, können erst beseitigt werden, wenn persönliche Motive, wie eine Zeitersparnis oder eine Vermeidung von ungeliebten Tätigkeiten [19, 57], nicht mehr über die Vorschriften einer Handlung gestellt werden. Leider werden „Violationen“ meist erst von außenstehenden Personen oder rückblickend von der auszuführenden Person als Fehler betrachtet [19]. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Personen auf ihr Verhalten aufmerksam zu machen.

Bevor diese Maßnahmen angewandt werden, werden aber weitere Studien benötigt, um die Vollständigkeit und Übertragbarkeit der Taxonomien der Fehlerformen nach Graber [64] und der Fehlerarten nach Reason [57] zu validieren und um die generischen von den fallspezifischen Fehlerprofilen während der EKG Interpretation zu unterscheiden.



## **5.6. *Fazit***

Es wird immer (diagnostische) Fehler [63] geben, da diese notwendig für menschliche Intelligenz sind [52, 57]. Um diese Fehler aber frühzeitig erkennen zu können, ist eine regelmäßige Prüfung der eigenen Kompetenzen notwendig [5, 9, 43]. Die Überprüfung anhand einer Fehleranalyse hat die Vorteile, dass das jeweilige Denken beschrieben, Fehlermuster abgebildet und Ursachen bestimmt werden können [14]. Daraufhin kann eine Korrektur, Vermeidung oder Ursachenbeseitigung von Fehlern empfohlen werden [15, 16]. Fehler können demzufolge zur Lerngelegenheit werden [18, 19] und sogar als Voraussetzung für das Lernen gesehen werden [51, 52]. Es wird demnach positives Wissen gestärkt und negatives Wissen angeeignet [18, 19]. Dadurch kann sich die allgemeine Meinung über Fehler, die häufig als etwas Nutzloses [52] oder als ein kognitives Versagen [57, 64, 66, 74] gesehen werden, ändern. Dementsprechend ist es ein wichtiges Ziel, eine fortdauernde Wiederholung von Fehleranalysen in verschiedenen Themengebieten der Medizin durchzuführen, um eine stetige Verbesserung der Fähigkeiten und Fertigkeiten von Medizinerinnen/innen zu gewähren.

## ***6. Zusammenfassung***

Diese Arbeit untersuchte die Fehler während der EKG Interpretation. Da das EKG das am häufigsten angewandte Diagnostikum in der Kardiologie ist [2-5], die Interpretation viel Zeit und Mühe erfordert und sehr fehlerbehaftet ist [3, 6-8], erschien die genauere Erforschung in diesem Themengebiet angemessen. Bisherige Studien zeigten auf, dass noch kein adäquates Level unter Medizinstudierenden und Assistenzärzte/innen bei der EKG Befundung erreicht worden ist [9, 46]. Deshalb wurden die Fehler bei der EKG Interpretation durch diese Studie identifiziert, klassifiziert und analysiert und Rückschlüsse von den kognitiven Fehlerorten auf die Fehlerursachen gezogen. Dadurch konnten Ratschläge für die Verbesserung der EKG Kompetenzen gegeben werden. Die Fehleranalyse wurde somit angewandt, um einen Beitrag zur Fehlerkorrektur, der Fehlervermeidung, der Fehlerursachenbeseitigung und der Aneignung von Wissen zu leisten [15, 16, 19].

Für die Fehleranalyse wurden Freitextantworten und eine Liste aus fehlerhaft nicht gewählten oder fälschlicherweise ausgewählten Antworten, die während der Bearbeitung von EKG Lernfällen aus der Studie von Hasch [82] entstanden sind, verwendet. Anhand der Liste aus fehlerhaft nicht gewählten oder fälschlicherweise ausgewählten Antworten wurde zunächst die relative Fehlerrate berechnet. Darauffolgend wurden die Freitextantworten anhand eines eigen entwickelten Kodierschemas aus Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] identifiziert und klassifiziert. Die Kodierung wurde durch eine Co-Kodierung, bei der eine gute Übereinstimmung bestand, kontrolliert. Anschließend wurden die gewonnen Daten anhand der EKG Lernfälle und anhand der Kompetenzniveaus nach Höger [41] mittels Friedman's- und Wilcoxon Test untersucht. Zuletzt wurde erforscht, ob es möglich ist, Rückschlüsse von Fehlerformen nach Graber [64] auf Fehlerarten nach Reason [57] ziehen.

Bei den Untersuchungen zeigte sich, dass in der Studie eine relative Fehlerrate von 20 % bestand und die Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] und der Fehlerarten nach Reason [57] bekannten Studiendaten größtenteils entsprachen. Aufgetretene Abweichungen konnten auf Grund des unterschiedlichen Studiendesigns und der anderen Zielsetzung bei den Kodierungen erklärt werden. Die Fehleranalyse anhand der EKG Lernfällen zeigt auf, dass auch in dieser Studie der akute Myokardinfarkt mit zu den fehlerbehaftetsten Diagnosen gehört [62, 87] und ein grundlegend

fehlerhaftes Verständnis bei der Bearbeitung eines EKGs mit Perikarditiszeichen bei Medizinerinnen in Ausbildung besteht [89, 90]. Bei der Untersuchung der Kompetenzniveaus bestätigte sich, dass die Diagnosestellung der Schritt ist, der am besten das Wissen, den klinischen Scharfsinn und die Fähigkeiten der Problemlösung reflektiert [48] und damit am besten fehlende oder mangelhafte Kompetenzen bei der EKG Interpretation aufzeigen und Fehler detektieren kann. Bei der abschließenden Untersuchung der Fehleranalyse konnte gezeigt werden, dass die jeweilige Fehlerform nach Graber [64] zu einem kleinen bis mittleren Effekt [91] das Auftreten der Fehlerart nach Reason [57] bestimmte und somit Rückschlüsse vom Erscheinungsort auf die Fehlerursache möglich sind.

Durch die Identifikation, Klassifizierung und Analyse wurde die Voraussetzung für eine Fehlerkorrektur oder -vermeidung geschaffen [15, 16, 71]. Dafür sollten für die Verringerung der Fehlerformen nach Graber [64] die Maßnahmen zur Vermeidung der jeweils assoziierten Fehlerart nach Reason [57] angewendet werden. Dank dieser Ergebnisse aus der Fehleranalyse könnten Fehler nun als Chance für die Studierenden gesehen werden positives Wissen zu stärken und sich negatives Wissen anzueignen [15, 18, 19]. Des Weiteren könnte nun die Lehre angepasst werden, sodass gezielter auf die Bedürfnisse und Schwächen der Studierenden eingegangen werden kann.

Bei der Methodenreflexion wurde auf die Möglichkeit einer unvollständigen Fehlertaxonomie oder fehlerhaften Musterlösung hingewiesen. Des Weiteren wurde die geringe Generalisierbarkeit auf das gesamte Feld der EKG Befundung kritisiert, da nur vier Themengebiete in der Studie betrachtet wurden. Die fehlende direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse von Kompetenzniveau zu Kompetenzniveau, durch die verschiedenen Arten der Beantwortung der Mehrfachwahlfragen, wurde als Schwachpunkt genannt. Die Auswahl der Art der Fehlerberichterstattung könnte darüber hinaus die Fehlerzusammensetzung bestimmt haben [95, 96] und das Ergebnis beeinflusst haben. Zusätzlich könnte es innerhalb der Studie zu kognitiven Verzerrung, wie Rückschaufehlern [66, 80], Antworten der sozialen Erwünschtheit [78] oder zu Erinnerungsverzerrungen [98], gekommen sein. Ein weiterer Schwachpunkt der Studie war die nicht randomisierte Auswahl der Testpersonen und die entgeltliche Teilnahme, die zu einem Selektionsbias geführt haben könnte [64]. Gleichzeitig könnten die Teilnehmerinnen durch ihre persönlichen Merkmalen oder auch durch die Eigenschaften der beschriebenen Patienteninnen in den EKG Lernfällen bei der Bearbeitung beeinflusst worden sein

[99]. Des Weiteren schien die Durchführung der Studie nicht den idealen Bedingungen entsprochen zu haben, da „Systemfehler“ auftraten. Leider konnten während der Studie auch kaum andere mögliche Quellen, wie Überforderung, Übermüdung oder Stress, detektiert werden, die zu einer Beeinflussung der Zusammensetzung der Fehler geführt haben könnten [64]. Zu Letzt hätten für übertragbare Ergebnisse in die alltägliche Praxis „Real World Settings“ vorherrschen müssen [53].

Alles in Allem werden weitere Studien benötigt, um die Korrektheit und Übertragbarkeit der Ergebnisse zu validieren und um die generischen von den fallspezifischen Fehlerprofilen während der EKG Interpretation zu unterscheiden. Um eine stetige Verbesserung der Fähigkeiten und Fertigkeiten von Medizinerinnen/innen zu gewährleisten, ist es ein wichtiges Ziel, eine fortdauernde Wiederholung von Fehleranalysen in verschiedenen Themengebieten der Medizin durchzuführen.

## 7. Literaturverzeichnis

1. Mach, E., *Erkenntnis und Irrtum: Skizzen zur Psychologie der Forschung*. 1906: JA Barth.
2. Fisch, C., et al., *17th Bethesda conference: Adult cardiology training. Task Force II: Training in electrocardiography*. J Am Coll Cardiol, 1986. **7**(6): p. 1201-4.
3. Fent, G., J. Gosai, and M. Purva, *Teaching the interpretation of electrocardiograms: which method is best?* J Electrocardiol, 2015. **48**(2): p. 190-3.
4. Lever, N.A., et al., *Are our medical graduates in New Zealand safe and accurate in ECG interpretation?* N Z Med J, 2009. **122**(1292): p. 9-15.
5. Kadish, A.H., et al., *ACC/AHA clinical competence statement on electrocardiography and ambulatory electrocardiography: A report of the ACC/AHA/ACP-ASIM task force on clinical competence (ACC/AHA Committee to develop a clinical competence statement on electrocardiography and ambulatory electrocardiography) endorsed by the International Society for Holter and noninvasive electrocardiology*. Circulation, 2001. **104**(25): p. 3169-78.
6. Lundberg, E.L., et al., *Assessment of competency in electrocardiogram interpretation of graduating physician assistant students*. J Physician Assist Educ, 2013. **24**(4): p. 15-8.
7. Salerno, S.M., et al., *Training and competency evaluation for interpretation of 12-lead electrocardiograms: recommendations from the American College of Physicians*. Ann Intern Med, 2003. **138**(9): p. 747-50.
8. Solomon, D.J. and G. Ferencick. *Sources of measurement error in an ECG examination: implications for performance-based assessments*. Adv Health Sci Educ Theory Pract 2004 [cited 9 4]; 283-90]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15583483>.
9. Salerno, S.M., P.C. Alguire, and H.S. Waxman, *Competency in interpretation of 12-lead electrocardiograms: a summary and appraisal of published evidence*. Ann Intern Med, 2003. **138**(9): p. 751-60.
10. Raupach, T., et al., *Impact of teaching and assessment format on electrocardiogram interpretation skills*. Med Educ, 2010. **44**(7): p. 731-40.
11. Fincher, R.E., et al., *Computer-assisted learning compared with weekly seminars for teaching fundamental electrocardiography to junior medical students*. South Med J, 1988. **81**(10): p. 1291-4.
12. Nilsson, M., et al., *Evaluation of a web-based ECG-interpretation programme for undergraduate medical students*. BMC Med Educ, 2008. **8**: p. 25.
13. Akgun, T., et al., *Learning electrocardiogram on YouTube: how useful is it?* J Electrocardiol, 2014. **47**(1): p. 113-7.
14. Wittmann, G. and S. Gmünd, *Von Fehleranalysen zur Fehlerkultur*.
15. Merkle, W., *Risikomanagement und Fehlervermeidung im Krankenhaus*. 2014: Springer Berlin Heidelberg.
16. Borgwart, J. and K. Kolpatzik, *Aus Fehlern lernen - Fehlermanagement in Gesundheitsberufen*. 2011: Springer Berlin Heidelberg.
17. Prediger, S. and G. Wittmann, *Aus Fehlern lernen—(wie) ist das möglich*. Praxis der Mathematik in der Schule, 2009. **51**(3): p. 1-8.
18. Oser, F., *Aus Fehlern lernen*. Pädagogische Theorien des Lernens. Weinheim, Basel: Beltz, 2007: p. 203-212.
19. Badke-Schaub, P., G. Hofinger, and K. Lauche, *Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobereichen*. 2011: Springer Berlin Heidelberg.
20. Duden, *kardio-, Kardio-*. 2013, Bibliographisches Institut GmbH: Berlin.
21. Duden, *-gramm*. 2013, Bibliographisches Institut GmbH: Berlin.
22. Eckart, W.U., *Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin*. Vol. 7. 2013, Berlin, Heidelberg: Springer.
23. DGUV. *UV-GOÄ Stand: 01.04.2015 2015 08.07.2015*]; Available from: <http://www.dguv.de/de/Rehabilitation-Leistungen/Verg%C3%BCtung-der-Leistungserbringer/index.jsp>.
24. dict.cc, *Wörterbuch Englisch ← Deutsch: Herzspannungskurve*. 2015, dict.cc GmbH: Wien.

25. Bundesamt, S., *Sterbefälle (absolut, Sterbeziffer, Ränge, Anteile) für die 10/20/50/100 häufigsten Todesursachen (ab 1998). Gliederungsmerkmale: Jahre, Region, Alter, Geschlecht, ICD-10.* 2014, Todesursachenstatistik & Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, Statistisches Bundesamt: Bonn.
26. Bundesärztekammer, et al., *Nationale VersorgungsLeitlinie Chronische KHK.* 2014, Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin: Berlin.
27. DGK, *ESC/DGK Pocket-Leitlinien: Akutes Koronarsyndrom mit persistierender ST-Streckenhebung (STEMI).* 2010, Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V.: Düsseldorf.
28. Horacek, T., *Der EKG-Trainer: Ein didaktisch geführter Selbstlernkurs mit 200 Beispiel-EKGs.* 2013: Thieme.
29. Trappe, H. and H. Schuster, *EKG-Kurs für Isabel.* Vol. 6. 2013, Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
30. Gertsch, M., B. Fässler, and G. Steinbeck, *Das EKG: Auf einen Blick und im Detail.* 2008: Springer.
31. Trappe, H.J. and H.P. Schuster, *EKG-Kurs für Isabel.* 2013: Thieme.
32. v. Olshausen, K.E., *EKG Information - Vom Anfänger zum Profi.* Vol. 8. 2005, Darmstadt: Steinkopff Verlag Darmstadt.
33. Cannon, C.P. and G. Khan, *Rapid ECG Interpretation.* 2008: Humana Press.
34. Williams, L. and Wilkins, *ECG Interpretation Made Incredibly Easy!* 2010: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.
35. Houghton, A. and D. Gray, *Making Sense of the ECG: A Hands-On Guide, Fourth Edition.* 2014: Taylor & Francis.
36. Hellmich, B., *Fallbuch Innere Medizin: 150 Fälle aktiv bearbeiten.* 2012: Thieme.
37. Herold, G., *Innere Medizin: eine vorlesungsorientierte Darstellung : mit ICD 10-Schlüssel im Text und Stichwortverzeichnis.* 2010: G. Herold.
38. Largiadèr, F., et al., *Checkliste Innere Medizin.* 2010, Georg Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
39. Kahla-Witzsch, H.A., *Praxiswissen Qualitätsmanagement im Krankenhaus: Hilfen zur Vorbereitung und Umsetzung.* 2009: Kohlhammer.
40. Levett-Jones, T., *Clinical Reasoning: Learning to Think Like a Nurse.* 2013: Pearson Australia.
41. Höger, A., *Welche EKG-Lernziele sind welchen Aus- und Weiterbildungsabschnitten in Deutschland zuzuordnen? Ergebnisse einer Delphi-Umfrage.* Dissertation. Ludwig-Maximilians-Universität München: Medizinische Fakultät, 2016.
42. Weinert, F.E., *Vergleichende Leistungsmessung in Schulen-eine umstrittene Selbstverständlichkeit, in Leistungsmessungen in Schulen.* 2001, Beltz. p. 17-32.
43. Balady, G.J., et al., *COCATS 4 Task Force 3: Training in Electrocardiography, Ambulatory Electrocardiography, and Exercise Testing.* J Am Coll Cardiol, 2015. **65**(17): p. 1763-77.
44. Heitzmann, N., M.R. Fischer, and F. Fischer, *Towards more systematic and better theorised research on simulations.* Medical Education, 2017. **51**(2): p. 129-131.
45. Bundesärztekammer, *(Muster-)Weiterbildungsordnung 2003 in der Fassung vom 28.06.2013.* 2013.
46. Ochsmann, E.B., et al., *Well prepared for work? Junior doctors' self-assessment after medical education.* BMC Med Educ, 2011. **11**: p. 99.
47. Masoudi, F.A., et al., *Implications of the failure to identify high-risk electrocardiogram findings for the quality of care of patients with acute myocardial infarction: results of the Emergency Department Quality in Myocardial Infarction (EDQMI) study.* Circulation, 2006. **114**(15): p. 1565-71.
48. Schwartz, A.E., AS, *Clinical reasoning in medicine, in Clinical Reasoning in the Health Professions,* J. Higgs, et al., Editors. 2008, Elsevier Health Sciences UK.
49. Jablonover, R.S., et al., *Competency in electrocardiogram interpretation among graduating medical students.* Teach Learn Med, 2014. **26**(3): p. 279-84.

50. de Jager, J., L. Wallis, and D. Maritz, *ECG interpretation skills of South African Emergency Medicine residents*. Int J Emerg Med, 2010. **3**(4): p. 309-14.
51. Eva, K.W., *Diagnostic error in medical education: where wrongs can make rights*. Adv Health Sci Educ Theory Pract, 2009. **14 Suppl 1**: p. 71-81.
52. Gigerenzer, G., *I Think, Therefore I Err*. Social Research, 2005. **72**(1): p. 195.
53. Graber, M.L., et al., *Cognitive interventions to reduce diagnostic error: a narrative review*. BMJ Qual Saf, 2012. **21**(7): p. 535-57.
54. Steuer, G., *Fehlerklima in der Klasse: Zum Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht*. 2014: Springer Fachmedien Wiesbaden.
55. Duden, *Fehler, der*. 2015, Bibliographisches Institut GmbH: Berlin.
56. DIN EN ISO 9000:2005 „Qualitätsmanagement – Grundlagen und Begriffe“. 2005, Deutsches Institut für Normung: Berlin.
57. Reason, J., *Human Error*. 1990: Cambridge University Press.
58. Kassirer, J.P. and R.I. Kopelman, *Cognitive errors in diagnosis: instantiation, classification, and consequences*. Am J Med, 1989. **86**(4): p. 433-41.
59. Hollnagel, E., *The phenotype of erroneous actions*. International Journal of Man-Machine Studies, 1993. **39**(1): p. 1-32.
60. Norman, D.A., *Categorization of action slips*. Psychological review, 1981. **88**(1): p. 1.
61. Chapanis, A., *Theory and methods for analyzing errors in man-machine systems*. Ann N Y Acad Sci, 1951. **51**(7): p. 1179-1203.
62. Bordage, G., *Why did I miss the diagnosis? Some cognitive explanations and educational implications*. Acad Med, 1999. **74**(10 Suppl): p. S138-43.
63. Graber, M., R. Gordon, and N. Franklin, *Reducing diagnostic errors in medicine: what's the goal?* Acad Med, 2002. **77**(10): p. 981-92.
64. Graber, M.L., N. Franklin, and R. Gordon, *Diagnostic error in internal medicine*. Arch Intern Med, 2005. **165**(13): p. 1493-9.
65. Gigerenzer, G. and W. Gaissmaier, *Denken und Urteilen unter Unsicherheit: Kognitive Heuristiken*. 2006: na.
66. Croskerry, P., *The importance of cognitive errors in diagnosis and strategies to minimize them*. Academic medicine, 2003. **78**(8): p. 775-780.
67. Radatz, H., *Fehleranalysen im Mathematikunterricht*. 2013: Vieweg+Teubner Verlag.
68. Singh, H., L.A. Petersen, and E.J. Thomas, *Understanding diagnostic errors in medicine: a lesson from aviation*. Qual Saf Health Care, 2006. **15**(3): p. 159-64.
69. dict.cc, *Wörterbuch Englisch ← Deutsch: Fehler*. 2015 dict.cc GmbH: Wien.
70. dict.cc, *Englisch ↔ Deutsch: violation*. 2015, dict.cc GmbH: Wien.
71. Löber, N., *Fehler und Fehlerkultur im Krankenhaus*. 2011: Gabler Verlag.
72. Weingardt, M., *Fehler zeichnen uns aus: transdisziplinäre Grundlagen zur Theorie und Produktivität des Fehlers in Schule und Arbeitswelt*. 2004: Klinkhardt.
73. Rasmussen, J.K., *Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models*. IEEE, 1983. **SMC-13**(3): p. 257-266.
74. Zhang, J., V.L. Patel, and T.R. Johnson, *Medical error: Is the solution medical or cognitive?* Journal of the American Medical Informatics Association, 2002. **9**(Supplement 6): p. S75-S77.
75. Arkes, H., *Why medical errors can't be eliminated: uncertainties and the hindsight bias*. Chron High Educ, 2000. **46**: p. 591-600.
76. Fischer, M.A., et al., *Learning from mistakes. Factors that influence how students and residents learn from medical errors*. J Gen Intern Med, 2006. **21**(5): p. 419-23.
77. Kiesewetter, J., et al., *Cognitive problem solving patterns of medical students correlate with success in diagnostic case solutions*. PLoS One, 2013. **8**(8): p. e71486.
78. Zwaan, L., et al., *Relating faults in diagnostic reasoning with diagnostic errors and patient harm*. Academic Medicine, 2012. **87**(2): p. 149-156.
79. Reason, J., *Human error: models and management*. Bmj, 2000. **320**(7237): p. 768-770.
80. Zwaan, L., et al., *Relating faults in diagnostic reasoning with diagnostic errors and patient harm*. Acad Med, 2012. **87**(2): p. 149-56.

81. Norman, G., et al., *How specific is case specificity?* Medical education, 2006. **40**(7): p. 618-623.
82. Hasch, F., *Lernen aus Fehlern – Der Einfluss von Fehleranalyseprompts und Begründungsprompts auf das selbstregulierte Lernen in einer online Lernumgebung zum Thema Elektrokardiogramm*. Dissertation in Vorbereitung. Ludwig-Maximilians-Universität München: Medizinische Fakultät.
83. Chi, M.T., *Constructing self-explanations and scaffolded explanations in tutoring*. Applied Cognitive Psychology, 1996. **10**(7): p. 33-49.
84. Landis, J.R. and G.G. Koch, *The measurement of observer agreement for categorical data*. biometrics, 1977: p. 159-174.
85. Bühner, M. and M. Ziegler, *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. 2009: Pearson Studium.
86. Fisseni, H.J., *Lehrbuch der psychologischen Diagnostik: Mit Hinweisen zur Intervention*. 2004: Hogrefe Verlag.
87. Schiff, G.D., et al., *Diagnostic error in medicine: Analysis of 583 physician-reported errors*. Archives of Internal Medicine, 2009. **169**(20): p. 1881-1887.
88. Hatala, R., et al., *The Effect of ECG Instructional Materials on Medical Students' Reasoning Strategy*, in *Advances in Medical Education*. 1997, Springer. p. 611-614.
89. Hoyle, R.J., et al., *Accuracy of electrocardiogram interpretation improves with emergency medicine training*. Emergency Medicine Australasia, 2007. **19**(2): p. 143-150.
90. Eslava, D., et al., *Interpretation of electrocardiograms by first-year residents: the need for change*. Journal of electrocardiology, 2009. **42**(6): p. 693-697.
91. Cohen, J., *A power primer*. Psychological bulletin, 1992. **112**(1): p. 155.
92. Jablonover, R.S., et al., *Competency in electrocardiogram interpretation among graduating medical students*. Teaching and learning in medicine, 2014. **26**(3): p. 279-284.
93. Kahneman, D., *Attention and effort*. 1973: Citeseer.
94. Bloch, R.E., et al., *Bekanntmachungen: Beurteilungskriterien für Leitlinien in der medizinischen Versorgung Beschlüsse der Vorstände von Bundesärztekammer und Kassenärztlicher Bundesvereinigung*. Dt Ärztebl, 1997. **94**.
95. Thomas, E.J. and L.A. Petersen, *Measuring errors and adverse events in health care*. Journal of general internal medicine, 2003. **18**(1): p. 61-67.
96. O'Neil, A.C., et al., *Physician reporting compared with medical-record review to identify adverse medical events*. Annals of Internal Medicine, 1993. **119**(5): p. 370-376.
97. Tversky, A. and D. Kahneman, *Judgment under uncertainty: Heuristics and biases*. science, 1974. **185**(4157): p. 1124-1131.
98. Raphael, K., *Recall bias: a proposal for assessment and control*. International Journal of Epidemiology, 1987.
99. Nendaz, M. and A. Perrier, *Diagnostic errors and flaws in clinical reasoning: mechanisms and prevention in practice*. Swiss Med Wkly, 2012. **142**: p. w13706.
100. Zhang, J., et al. *Toward an action-based taxonomy of human errors in medicine*. in *Proceedings of the twenty-fourth annual conference of the cognitive science society*. 2002.
101. Ogdie, A.R., et al., *Seen through their eyes: residents' reflections on the cognitive and contextual components of diagnostic errors in medicine*. Acad Med, 2012. **87**(10): p. 1361-7.



## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über den Ablauf der Studie von Hasch [82].....	33
Tabelle 2: Kategorien der langen Antwortlisten für das jeweilige Kompetenzniveau [82] .....	36
Tabelle 3: Systemfehler nach Graber [64] mit Beispielen .....	39
Tabelle 4: Kognitive Fehlerformen nach Graber [64] angewandt auf Kompetenzniveaus bei der EKG Interpretation .....	41
Tabelle 5: Kognitive Fehlerarten nach Reason [57] bei der EKG Interpretation .....	43
Tabelle 6: Fehlerkategorien mit Beispielen.....	47
Tabelle 7: Fehlerkategorien.....	51
Tabelle 8: Häufigkeiten der kognitiven Fehler.....	52
Tabelle 9: Häufigkeiten der Assoziationen zwischen den Fehlerformen nach Graber [64] und den Fehlerarten nach Reason [57].....	54
Tabelle 10: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] über alle Freitextantworten.....	54
Tabelle 11: Korrigiertes $\alpha$ nach Bonferroni-Holm-Korrektur [85] .....	55
Tabelle 12: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] über alle Freitextantworten.....	55
Tabelle 13: signifikante Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der verschiedenen Fehlerarten nach Reason [57] im Wilcoxon Test (* = Signifikanz) .....	56
Tabelle 14: Relative Fehleranzahl in den verschiedenen EKG Lernfällen.....	57
Tabelle 15: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] pro EKG Lernfall.....	58
Tabelle 16: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] pro EKG Lernfall.....	60
Tabelle 17: Relative Fehleranzahl pro Kompetenzniveau (K1-4).....	61
Tabelle 18: Wilcoxon Test für die relativen Fehleranzahl pro Kompetenzniveau (* = Signifikanz)....	61
Tabelle 19: Schwierigkeitsindices der Kompetenzniveaus .....	62
Tabelle 20: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] pro Kompetenzniveau.....	63
Tabelle 21: Friedman's Test für die Anzahl an Fehlerformen nach Graber [64] je Kompetenzniveau (K1-4) (* = Signifikanz).....	63
Tabelle 22: signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der einzelnen Fehlerformen nach Graber [64] bezogen auf das jeweilige Kompetenzniveau (* = Signifikanz).....	65

Tabelle 23: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57] pro Kompetenzniveau.....	66
Tabelle 24: Friedman's Test für die Anzahl der Fehlerarten nach Reason [57] pro Kompetenzniveau (* = Signifikanz).....	66
Tabelle 25: signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der einzelnen Fehlerart nach Reason [57] pro Kompetenzniveau (* = Signifikanz) .....	67
Tabelle 26: Häufigkeiten bei den Assoziationen zwischen Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57].....	68
Tabelle 27: Friedman's Test für die Assoziationen zwischen Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] (* = Signifikanz).....	68
Tabelle 28: signifikante Unterschiede zwischen der Anzahl der verschiedenen Assoziationen zwischen den Fehlerformen nach Graber [64] und der jeweiligen Fehlerart nach Reason [57] (* = Signifikanz).....	69
Tabelle 29: Empfehlungsgrade bei Leitlinien [27].....	77
Tabelle 30: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 1 [82] .....	142
Tabelle 31: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 2 [82] .....	143
Tabelle 32: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 3 [82] .....	144
Tabelle 33: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 4 [82] .....	145

## ***9. Abbildungsverzeichnis***

Abbildung 1: Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns [40] .....	5
Abbildung 2: Kreislauf des klinischen Schlussfolgerns [40] mit Untergliederung in die vier Kompetenzniveaus [41].....	8
Abbildung 3: Fehlerformen nach Graber [64].....	17
Abbildung 4: Fehlerarten nach Reason [57].....	20
Abbildung 5: Kompetenzniveaus der EKG Befundung nach Höger [41] .....	34
Abbildung 6: Mögliche Fehlerformen nach Graber [64] für das Kodierschema.....	42
Abbildung 7: Kodierschema mit Fehlerformen nach Graber [64] und Fehlerarten nach Reason [57] .	44
Abbildung 8: Häufigkeiten der Kodierungen .....	52
Abbildung 9: Häufigkeiten der Fehlerformen nach Graber [64] .....	53
Abbildung 10: Häufigkeiten der Fehlerarten nach Reason [57].....	53

## 10. Anhang

Die im Anhang aufgeführten EKG Lernfälle und lange Antwortlisten sind Teile der Studie von Hasch [82], die im Rahmen des Instituts für Didaktik und Ausbildungsforschung in der Medizin der Ludwig-Maximilian-Universität München entstanden sind.

### 10.1. EKG Lernfälle aus der Studie nach Hasch

#### 10.1.1.EKG Lernfall 1

Autor(en): Franziska Hasch  
Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*  
Info Text

**Liebe Studierenden,  
Herzlich Willkommen zur EKG-Studie der LMU!**

Sie werden nun verschiedene Patientenfälle bearbeiten, und zu den Aufgaben inhaltliches Feedback bekommen. Pro Fall gibt es vier Aufgabengebiete mit mehreren Unterpunkten. Hier ein Überblick zu den vier Hauptpunkten:

- 1: Zunächst sollen Sie ein EKG nach rein objektiven Kriterien **beschreiben**
- 2: Nun sollen Sie Ihre Ergebnisse aus der ersten Aufgabe **zu einem Befund zusammenfassen**
- 3: In diesem Teil sollen Sie anhand der Klinik und des EKGs eines Patienten eine **Arbeitsdiagnose benennen**
- 4: Hier werden Sie abschließend zum weiteren **klinischen Procedere** befragt

Insgesamt werden Sie **4 EKG Fälle** bearbeiten und ca. 3 Stunden dafür brauchen. Sie können natürlich jederzeit eine kurze Pause machen. Bitte Versorgen Sie Sich mit den bereitgestellten Getränken. Nach den ersten zwei Fällen wird es ein Mittagessen für jeden geben.

Wir bitten Sie alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten, da wir uns von dieser Studie wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse versprechen.

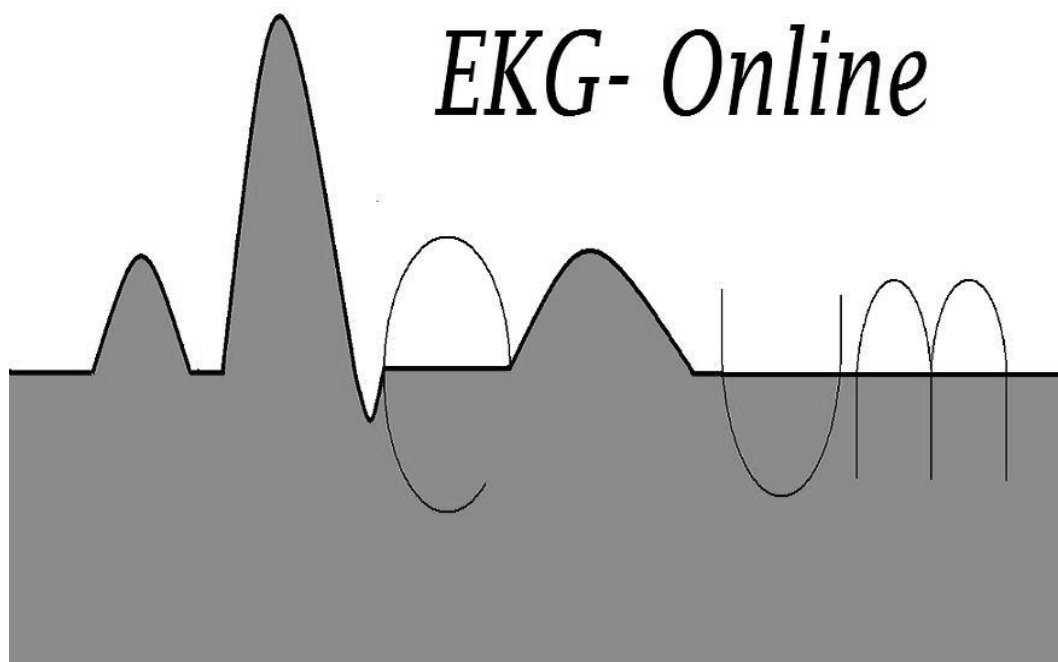
**Hinweis:**

Sie können jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!  
Ihr Team der Medizindidaktik

---

Multimedia auf Hauptkarte



## Karte 2: Befund K1

### Info Text

#### Fall 1:

Der 62-jährige **Herr Schuster** wird von seiner Frau gestützt zu Ihnen in die Notaufnahme gebracht. Er sieht zwar etwas verschwitzt und blass aus, wirkt ansonsten aber eher ruhig. Ganz im Gegensatz zu seiner Frau, die Ihnen aufgeregt erzählt, dass ihr Mann nun schon wieder diese **Schmerzen in der Brust** habe und Sie ihn deshalb hergebracht hat.

Die Schwester in der Notaufnahme schreibt bereits ein **EKG** und hat Ihnen auch schon das 'übliche' Blut durch die anwesende Famulantin abnehmen lassen.

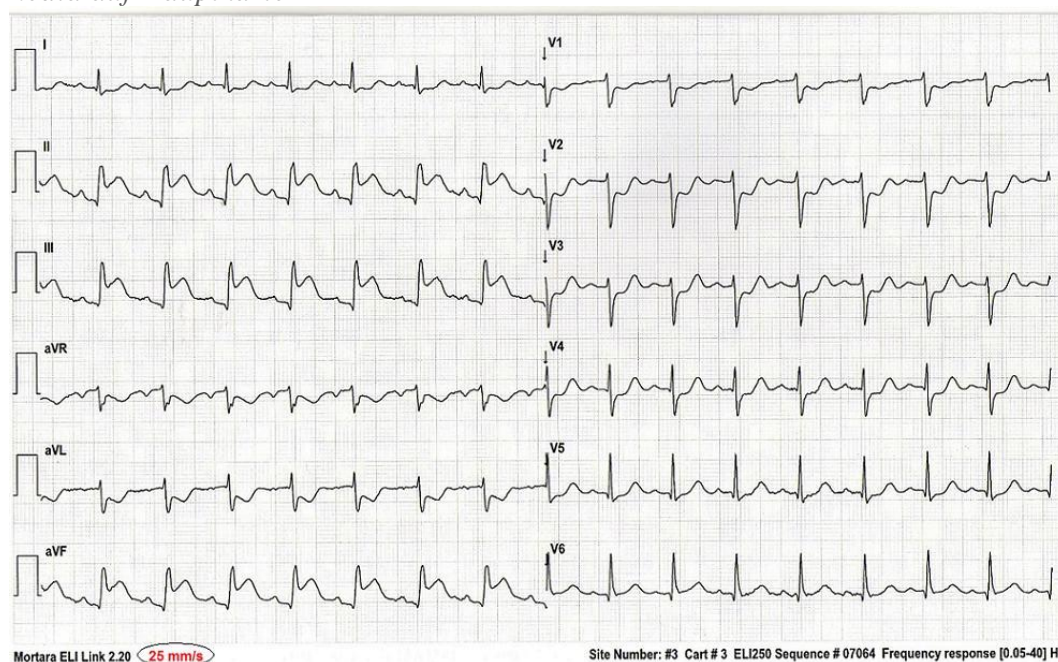
Die **Vitalparameter** wurden ebenfalls schon bestimmt:

HF: ca. 100/min

RR: 95/80

Temperatur: 37,3 °C

### Multimedia auf Hauptkarte



---

*Frage*

Nebenstehendes EKG stammt von Herrn Schuster. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 1'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS = Erregungsrückbildungsstörungen

---

Multiple Choice-Antwort:

A: ☐ HF: > 100/min

B: ☒ HF: 50-100/min

C: ☐ HF: < 50/min

D: ☒ Rhythmus: RR-Abstände regelmäßig

E: ☐ Rhythmus: RR-Abstände unregelmäßig

F: ☐ Rhythmus: P nicht positiv in I und II

G: ☐ Rhythmus: kein P

H: ☐ Rhythmus: Ausfall von Einzelschlägen

I: ☐ Rhythmus: Zusätzliche Einzelschläge

J: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in I positiv

K: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in I negativ

L: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in II positiv

M: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in II negativ

N: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in III positiv

O: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in III negativ

P: ☐ Intervalle:  $P > 0,11s$

Q: ☐ Intervalle:  $PQ > 0,21s$

R: ☐ Intervalle:  $QRS > 0,11s$

S: ☒ Amplituden:  $P > 0,2 mV$

T: ☐ Amplituden:  $R \text{ in } V2 + S \text{ in } V5 > 1,05 mV$

U: ☐ Amplituden:  $R \text{ in } V5 + S \text{ in } V2 > 3,5 mV$

V: ☐ Amplituden:  $Q > 1/4 \text{ der Amplitude von } R$

W: ☒ Erregungsausbreitung: R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu

X: ☐ ERAS: R-Verlust

Y: ☐ ERAS: S in V6

Z: ☒ ERBS: ST-Hebung  $> 0,1 mV$  in mindestens zwei benachbarten Ableitungen

a: ☒ ERBS: ST-Senkung  $> 0,1 mV$  in mindestens zwei benachbarten Ableitungen

b: ☒ ERBS: T negativ in mindestens einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6

c: ☐ ERBS: R-Verspätung (von Beginn R bis Beginn der endgültigen Negativität von R  $> 0,055 s$  in V5/V6 oder  $> 0,03 s$  in V1/V2)

d: ☐ ERBS: RR' in V1

---

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

Hinweis: Zwischen zwei R-Zacken zählen Sie im Schnitt etwas mehr als 3 Kästchen: HF  $< 100/min$

---

*Karte 3: Feedback**Info Text***Feedbackteil**

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **Casus-EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben, nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

**Rhythmus:**

Es handelt sich um einen Papiervorschub von 25 mm/s. Damit errechnet sich der Rhythmus aus:  $300/3 = 100$ . Da es mehr als 3 Kästchen sind, ist die HF etwas  $< 100/\text{min}$ . Es reicht aus, die 5mm Kästchenzahl grob zu zählen, es kommt uns hier nicht auf mm an.

**Hauptvektoren:**

Lassen Sie sich von den 'verzogenen' QRS-Komplexen nicht irritieren, alle drei Hauptvektoren sind hier positiv, wobei man deutlich sieht, dass  $\text{III} > \text{I}$  ist.

**Intervalle/Amplituden:**

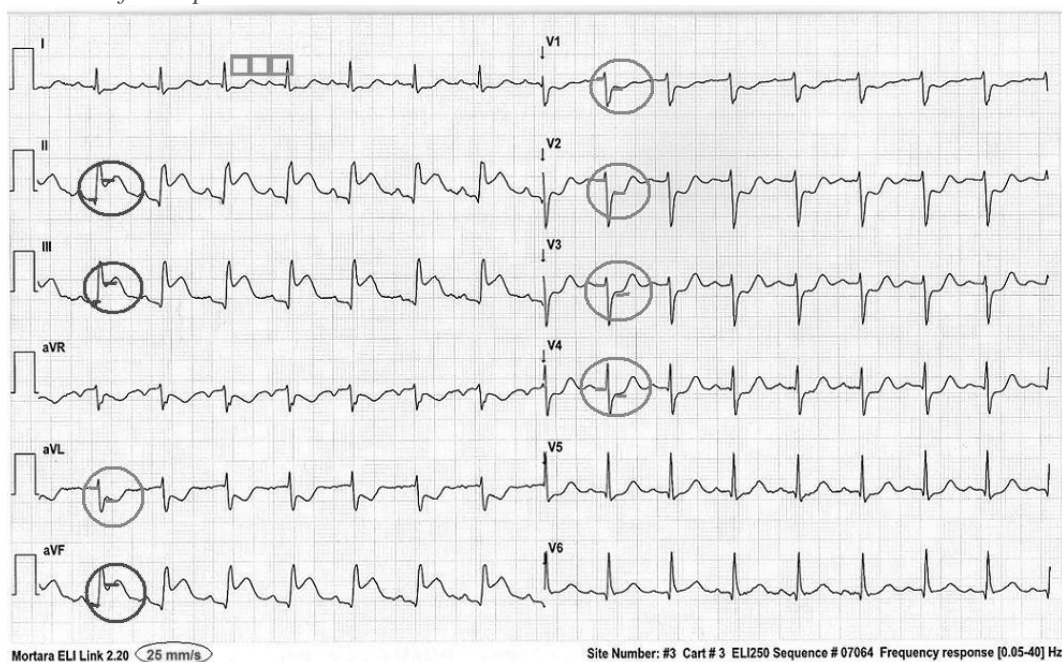
Orientieren Sie sich immer an den 5 mm Kästchen, um die Intervalle abschätzen zu können. Zur Erinnerung: Bei 25 mm/s dauert ein Kästchen 0,2 s (doppelt so lange wie bei 50 mm/s)!

P ist in Ableitung II überhöht.

**ERBS:**

Man sieht deutliche ST-Hebungen und ST-Senkungen! (Siehe Markierungen am Bildschirm.)

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

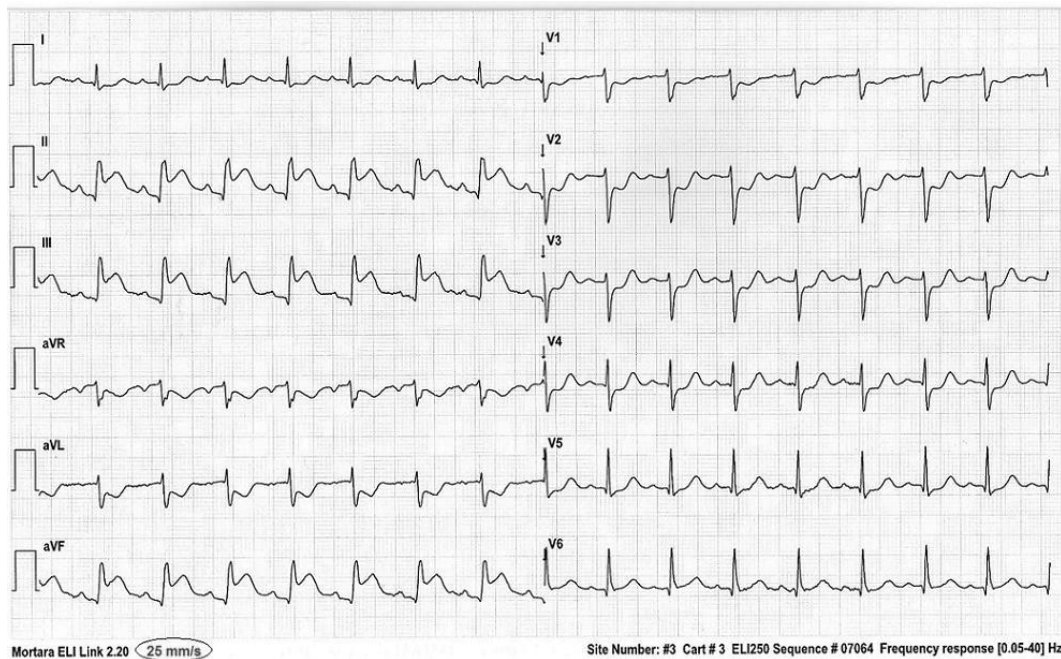
*Multimedia auf Hauptkarte**Karte 4: Befund K2**Info Text***Befund:**

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

Die korrekte Lösung von vorhin lautet:

HF:  $< 100/\text{min}$ , QRS regelmäßig und positiv in I, II und III, P-Welle überhöht, ST Hebungen und ST-Senkungen

*Multimedia auf Hauptkarte*



### Frage

#### 1. Welche Befunde treffen zu?

##### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice-Antwort:

A: ☒ HF: Normokardie

B: ☐ HF: Tachykardie

C: ☐ HF: Bradykardie

D: ☒ Rhythmus: Sinusrhythmus

E: ☐ Rhythmus: ektop atrialer Rhythmus

F: ☐ Rhythmus: AV-junktionaler Rhythmus

G: ☐ Rhythmus: ventrikulärer Rhythmus

H: ☐ Rhythmus: Vorhofflimmern

I: ☐ Rhythmus: Vorhofflattern

J: ☐ Rhythmus: Supraventrikuläre Extrasystole

K: ☐ Rhythmus: Ventrikuläre Extrasystole

L: ☐ Rhythmus: AV-Block 3. Grades

M: ☐ Rhythmus: AV-Block 2. Grades

N: ☐ Rhythmus: Kammerflimmern

O: ☐ Rhythmus: Asystolie

P: ☐ Lagetyp: Indifferenztyp

Q: ☒ Lagetyp: Steiltyp

R: ☐ Lagetyp: Rechtstyp

S: ☐ Lagetyp: Linkstyp

T: ☐ Lagetyp: überdrehter Linkstyp

U: ☐ Lagetyp: überdrehter Rechtstyp

V: ☐ Lagetyp: Sagittaltyp

W: ☐ Intervalle: P sinistrotoriale

X: ☐ Intervalle: AV-Block 1. Grades



Y: O Intervalle: Long QT

Z: O Intervalle: Linksschenkelblock vollständig

a: O Intervalle: Rechtsschenkelblock vollständig

b: O Intervalle: Rechtschenkelblock unvollständig

c: O Amplituden: Rechtsventrikuläre Hypertrophie

d: O Amplituden: Linksventrikuläre Hypertrophie

e: X Amplituden: P dextroatriale

f: X ERAS: Zeichen für eine Rechtsherzbelastung

g: O ERAS/ERBS: Zeichen eines alten Infarktes

h: O ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand

i: X ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand

j: O ERBS: Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese (z.B. entzündlich, Herzwandaneurysma und anderes)

#### *Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

#### *Karte 5: Feedback*

##### *Info Text*

##### **Feedbackteil**

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im Skript zum Casus-EKG-Kurs nach!

Man erkennt Zeichen einer Rechtsherzbelastung: P-dextroatriale und Steiltyp

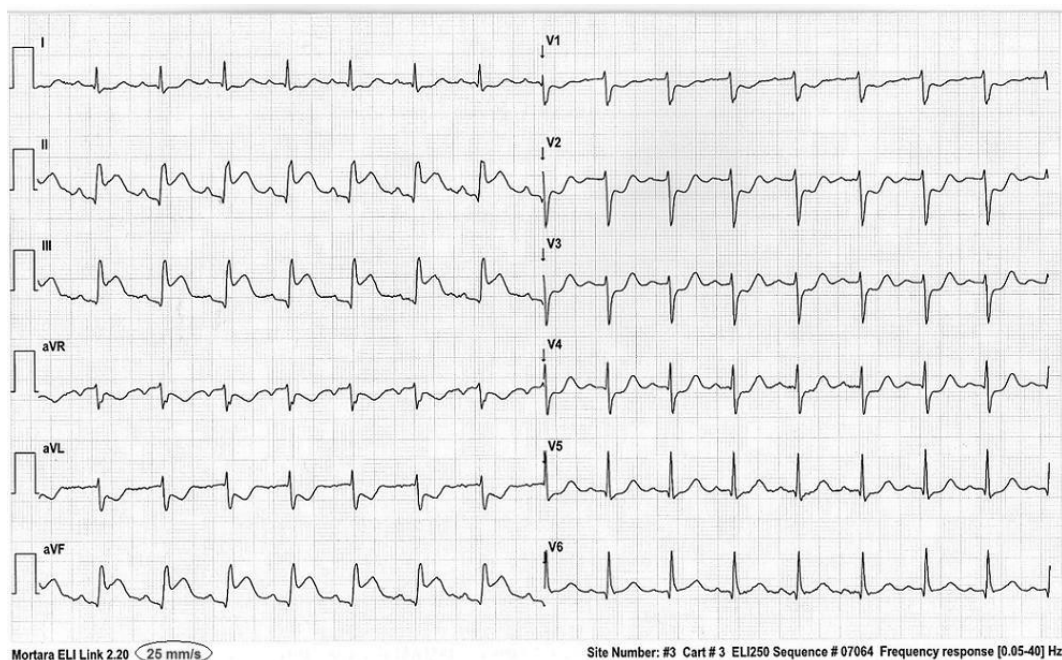
##### **ERBS:**

Die ST-Hebungen in II, III und aVF sowie die reziproken ST-Senkungen in den Brustwandableitungen sprechen für eine frische transmurale Myokardischämie der Hinterwand. Frisch bedeutet Stadium II, das erkennt man daran, dass die ST-Hebungen noch vorhanden sind und (noch) keine T-Negativierungen zu erkennen sind.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

#### *Multimedia auf Hauptkarte*



### Karte 6: Befund K3

#### Info Text

#### Differentialdiagnosen:

Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

62-jähriger Patient mit Brustschmerz, blass, kaltschweißig

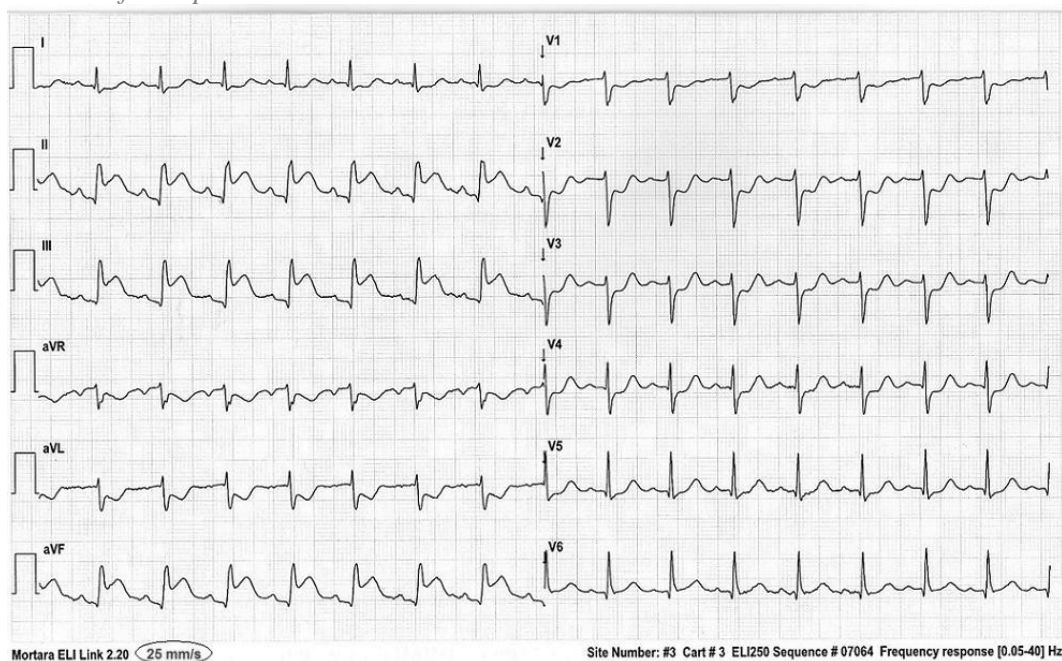
HF: ca. 100/min

RR: 95/80

Temperatur: 37,3 °C

EKG: Steiltyp, P-dextroatriale und Zeichen für eine frische Ischämie der Hinterwand

#### Multimedia auf Hauptkarte



#### Frage

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun **vier passende Verdachtsdiagnose aus der Liste aus**.

---

Multiple Choice-Antwort:

- A: ☐ Anämie
  - B: ☒ Angina pectoris
  - C: ☐ Akutes Abdomen
  - D: ☒ Akutes Cor pulmonale / Lungenembolie
  - E: ☐ AV-Block höheren Grades
  - F: ☐ Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
  - G: ☐ Elektrolytstörungen
  - H: ☒ Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
  - I: ☐ Kardiomyopathie
  - J: ☐ Kammerflimmern
  - K: ☐ Herzneurose
  - L: ☐ Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
  - M: ☐ Lungenödem
  - N: ☐ Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
  - O: ☐ Muskuloskelettaler Brustschmerz
  - P: ☐ Myokardinfarkt, alt
  - Q: ☒ Myokardinfarkt, frisch
  - R: ☐ Obstruktion der oberen Luftwege
  - S: ☐ Perikarderguss
  - T: ☐ Pneumothorax
  - U: ☐ Präexcitationssyndrom
  - V: ☐ Psychogene Dyspnoe
  - W: ☐ Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
  - X: ☐ Ventrikuläre Tachykardie
  - Y: ☐ Vorhofflattern
  - Z: ☐ Vorhofflimmern, neu aufgetreten
  - a: ☐ Vorhofflimmern, permanent
- 

#### *Antwortkommentar*

Die beiden wichtigsten DD sind sicher **frischer ST-Hebungs-Infarkt** und **entzündliche Herzerkrankungen**. Auch wichtige DD sind **Lungenembolie** und **Angina pectoris**.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

#### *Karte 7: Feedback*

##### *Info Text*

##### **Feedbackteil**

Das EKG spricht für sich! Auch die Klinik des Patienten ist sehr typisch: länger andauernder intensiver Brustschmerz, kaltschweißiger und eher ruhiger Patient. Ihre Arbeitsdiagnose sollte frische transmuraler ST-Hebungsinfarkt der Hinterwand heißen.

---

Trotzdem, bei akutem Brustschmerz sollten Sie unter anderem auch folgende Differentialdiagnosen bedenken:

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| - Myokardinfarkt      | - Hypertone Krise       |
| - Angina pectoris     | - Ösophaguserkrankungen |
| - Perikarditis        | - Rippenverletzung      |
| - Lungenembolie       | - Spondylarthritiden    |
| - Aneurysma dissecans | - Herpes zoster         |

- Myokarditis
- Herzneurose
- Pleuritis
- Tumoren
- Abdominalerkrankungen, z.B. akute Pankreatitis
- Cholezystitis

Differentialdiagnosen zu neu aufgetretenen ST-Hebungen/ST-Senkungen im EKG und akutem Brustschmerz:

**Myokardinfarkt (STEMI):**

ST-Hebungen in den infarkttypischen Ableitungen und reziproke ST-Senkungen. Außerdem findet man zeitlich gesehen typische Veränderungen der Stadien I-IV eines Myokardinfarktes. Cave: NSTEMI!

**Angina Pectoris:**

Unter Belastung kommt es zu ST- Senkungen und/oder auch zu unspezifischen T-Negativierungen. Diese müssen nicht auf die infarkttypischen Ableitungen begrenzt sein. Die Schmerzen im Thoraxbereich klingen dabei im Gegensatz zum Myokardinfarkt in Ruhe nach 5-15 Minuten ab, nach Nitro-Einnahme bereits nach 1-2 Minuten.

**Entzündliche Herzerkrankungen:**

Allgemein kommt es zu keinem R-Verlust in den Brustwandableitungen! Die Veränderungen zeigen sich zumeist auch mehr ubiquitär und nicht ausschließlich in den infarkttypischen Ableitungen

Perikarditis:

ST-Hebung aus aufsteigendem S und meist nur leichte ST-Hebung (0,1-0,3 mV). Im chronischen Stadium auch ST-Senkungen und negatives T ohne ST-Hebungen.

Myokarditis:

Meist terminal negatives T in V2-V6 und leichte ST-Senkungen.

**Lungenembolie:**

Das wichtigste Zeichen ist die akute Rechtsherzbelastung mit einem SI/QIII Typ im EKG. Dabei sieht man in I z.T. ST Senkungen und in III z.T. ST-Hebungen. Es ist aber auch möglich, dass man nichts im EKG sieht!

**Bitte beachten Sie zudem:**

ST-Veränderungen finden sich unabhängig von der Klinik 'Brustschmerz' auch bei folgenden Pathologien (mehr dazu auch im Skript):

- Schenkelblock
- Kammerhypertrophie
- Bradykardie
- Herzwandaneurysma
- WPW-Syndrom
- Digitaliseffekt
- Brugadasyndrom

*Karte 8: Befund K4*

*Info Text*

**Weiteres Vorgehen:**

Bei der körperlichen Untersuchung ist Ihnen ansonsten nichts Besonderes aufgefallen. Die Auskultation war unauffällig. Jetzt haben Sie gerade erste Laborergebnisse erhalten. Schmerzbeginn war laut Ehefrau aber erst vor ca. einer Stunde.

Bei Herrn Schuster stellen Sie also die Arbeitsdiagnose frischer transmuraler ST-Hebungsinfarkt der Hinterwandinfarkt.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

62-jähriger Patient mit Brustschmerz, blass, kaltschweißig

HF: ca. 100/min

RR: 95/80

Temperatur: 37,3 °C

EKG: Tachykardie, Steiltyp, P-dextroatriale und Zeichen für eine frische Ischämie der Hinterwand

Sie befinden sich in einem Krankenhaus der Maximalversorgung!

---

*Multimedia auf Hauptkarte*

Parameter	Wert	Normwerte	Einheit
Leukozyten	5.0	4.0 - 11.3	10 <sup>3</sup> /μl
Erythrozyten	4.7	4.5 - 5.9	10 <sup>6</sup> /μl
Hämoglobin	14.9	14.0 - 17.5	g/dl
Hämatokrit	41.2	38.0 - 52.0	%
MCV	87.5	80.0 - 96.0	μm <sup>3</sup>
MCH	31.6	28.0 - 33.0	pg
Thrombozyten	155.0	150 - 350	10 <sup>3</sup> /μl
Neutrophile	36.8	50 - 70	%
Stabkernige	4.0	< 5.0	%
Segmentierte	55.5	40 - 70	%
Lymphozyten	32	25 - 40	%
Eosinophile	0	< 4.0	%
Basophile	0	< 1.0	%
Monozyten	5.0	< 8.0	%
Retikulozyten	7.2	5.0 - 15.0	%
TPZ (Quick)	78	70 - 120	%
PTT	27.5	25 - 42	Sec
CRP	0.85	< 0.5	mg/dl
Kreatinin	1.0	0.7 - 1.2	mg/dl
Natrium	135	135 - 148	mmol/l
Kalium	4.3	3.5 - 5.4	mmol/l
Calcium	2.36	2.15 - 2.60	mmol/l
Phosphat	3.6	2.5 - 4.8	mmol/l
Blutzucker	105	50 - 110	mg/dl
GOT	25	< 19	U/l
GPT	22	< 24	U/l
Gamma-GT	18	< 28	U/l
Eiweiß	7.7	6.0 - 8.5	g/dl
TSH basal	3.35	0.4 - 4.0	μE/ml
Myoglobin	102	< 55	μg/l
Troponin T	0.5	< 0,4	μg/l
CK	200	0-170	U/l
CK-MB	0.3	0-25	U/l
D-Dimere	0,4	0,5	mg/l

---

*Frage*

1. Welche **Schritte** sind **direkt als nächstes** nötig?

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

---

Multiple Choice-Antwort:

A: X Versorgung: O2 Nasensonde

B: O Versorgung: Narkose und Intubation

C: O Versorgung: Defibrillation

D: X Versorgung: Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy

E: O Versorgung: Zentralvenöser Zugang

F: O Diagnostik: Bildgebung: Röntgen Thorax

G: O Diagnostik: Bildgebung: CT Thorax

H: O Diagnostik: Bildgebung: CT-Angiographie Thorax

I: O Diagnostik: Blutgasanalyse

J: X Diagnostik/Eingriff: Herzkatheteruntersuchung mit evtl. Stentimplantation innerhalb der nächsten 90 Minuten

K: X Diagnostik: Echokardiographie

L: O Diagnostik: Ergometrie  
 M: O Diagnostik: Langzeitblutdruckmessung  
 N: O Eingriff: Schrittmacherimplantation  
 O: O Eingriff: Kardioversion

P: X Handling: Intensivstation  
 Q: O Handling: Überwachungsstation  
 R: O Handling: Normalstation  
 S: O Handling: Überweisung zum Hausarzt und Entlassung nach Hause  
 T: O Handling: Konsil bei anderer Fachdisziplin  
 U: O Handling: Entlassung nach Hause

V: O Medikamente: Antikoagulation  
 W: X Medikamente: NSAR (ASS)  
 X: O Medikamente: Lysetherapie  
 Y: X Medikamente: Heparinisierung  
 Z: O Medikamente: Amiodaron  
 a: O Medikamente:  $\beta$ -Blocker  
 b: O Medikamente: Ca<sup>2+</sup> Antagonisten  
 c: O Medikamente: Adrenalin  
 d: X Medikamente: Benzodiazepine  
 e: O Medikamente: Digitalisierung  
 f: O Medikamente: Antibiotika  
 g: O Medikamente: Kortikosteroide  
 h: X Medikamente: Opioide  
 i: O Medikamente: Nitrate  
 j: O Medikamente: Diuretikum

---

### Antwortkommentar

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

### Karte 9: Feedback

#### Info Text

#### Feedback:

Das Vorgehen bei akutem Herzinfarkt sollte wie folgt sein:

Interventionen	weitere Diagnostik	Handhabung	Medikamente
O <sub>2</sub> Nasensonde: 4 l O <sub>2</sub> /min	Herzkatheteruntersuchung: Akut PTCA mit/ohne Stent wenn Infarkt < 12 h zurückliegt	Intensivstation Cave: Kammerflimmern, Pumpversagen	Nitrate und Betablocker; nicht wenn RR systolisch < 100 mm Hg
Überwachung: EKG, RR, Pulsoxymetrie	Echokardiographie: zur Beurteilung der Pumpfunktion		NSAR: ASS 500 mg i.v. zusätzlich Thrombozytenaggregationshemmer wie Clopidogrel u.a. Heparin 5000 IE als Bolus i.v. plus 70 IE/kg KG Benzodiazepine Morphin bei Schmerzen Lysetherapie nur wenn keine PTCA in ersten 6-(12) h möglich ist

---

### Karte 10: Ende

#### Info Text

Vielen Dank, Sie haben nun den ersten Patientenfall komplett gelöst.  
Bitte machen Sie nun mit Fall zwei weiter!

---

### 10.1.2.EKG Lernfall 2

Autor(en): Franziska Hasch  
Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

*Info Text*

**Liebe Studierenden,**

**Herzlich Willkommen zur EKG-Studie der LMU!**

Willkommen zu Lernfall 2. Auch hier gibt es vier Aufgabengebiete mit mehreren Unterpunkten. Hier ein Überblick zu den vier Hauptpunkten:

- 1: Zunächst sollen Sie ein EKG nach rein objektiven Kriterien **beschreiben**
- 2: Nun sollen Sie Ihre Ergebnisse aus der ersten Aufgabe **zu einem Befund zusammenfassen**
- 3: In diesem Teil sollen Sie anhand der Klinik und des EKGs eines Patienten eine **Arbeitsdiagnose benennen**
- 4: Hier werden Sie abschließend zum weiteren **klinischen Procedere** befragt

Sie können natürlich jederzeit eine kurze Pause machen. Bitte Versorgen Sie sich mit den bereitgestellten Getränken. Nach diesem Fall wird es ein Mittagessen für jeden geben. Wir bitten Sie, alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten, da wir uns von dieser Studie wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse versprechen.

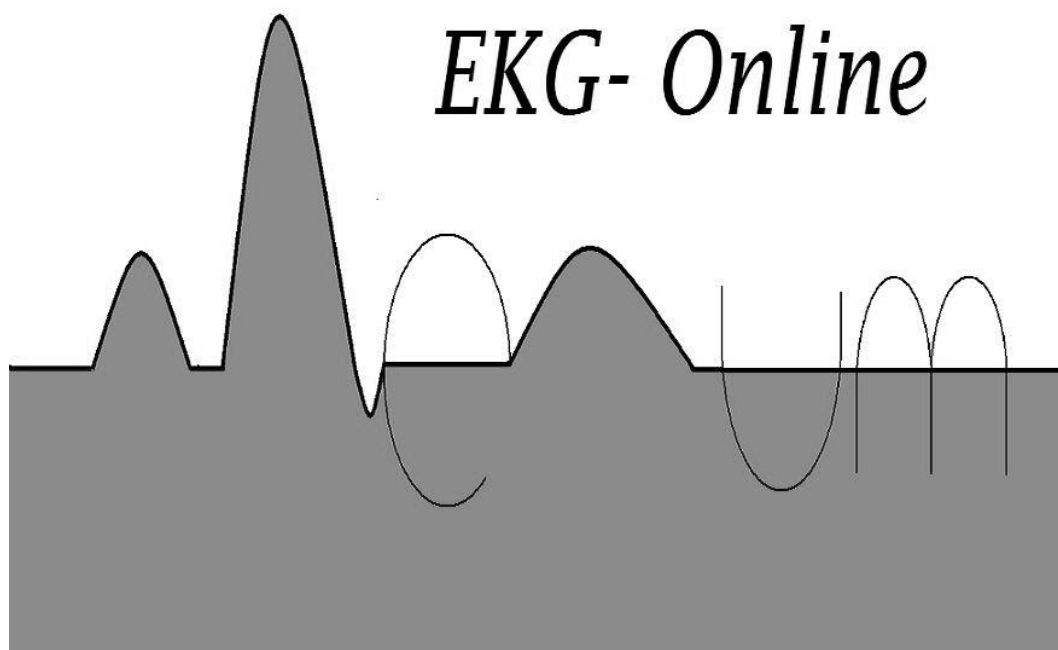
**Hinweis:**

Sie können jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!  
Ihr Team der Medizindidaktik

---

*Multimedia auf Hauptkarte*





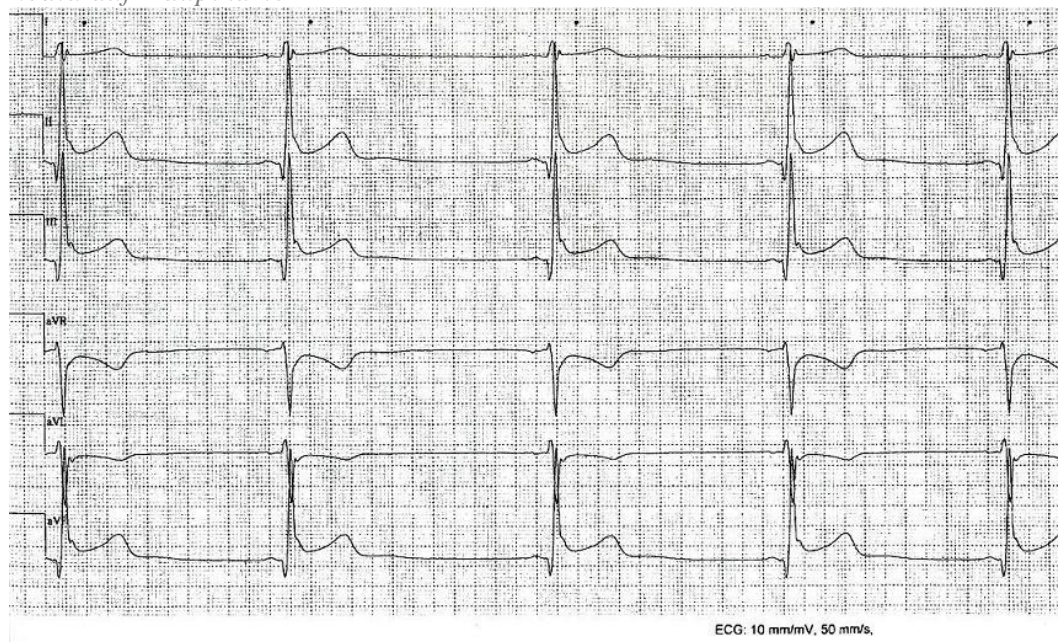
*Karte 2: Befund K1**Info Text***Fall 2:**

Zu Ihnen kommt der 25 Jährige Alexander Maier. Der durchtrainierte junge Mann hält sich das Brustbein und erzählt Ihnen, dass er wirklich starke Schmerzen in der Brust habe. Einen Unfall oder andere Verletzungen verneint er und sagt nur, dass er wie immer die ganze Woche im Fitnessstudio gearbeitet hätte. Vorerkrankungen sind soweit nicht bekannt. Der Patient sieht blass und krank aus, hinlegen möchte er sich aber trotzdem nicht. 'Ich habe mir bestimmt nur mal wieder was verrissen, aber ohne eine Schmerzspritze kann ich heute nicht weiterarbeiten, und morgen ist doch ein wichtiges Event im Fitnessstudio, für das es noch viel vorzubereiten gibt', erklärt Ihnen der Patient. An Medikamenten habe er nur zwei Aspirin gegen die Schmerzen geschluckt.

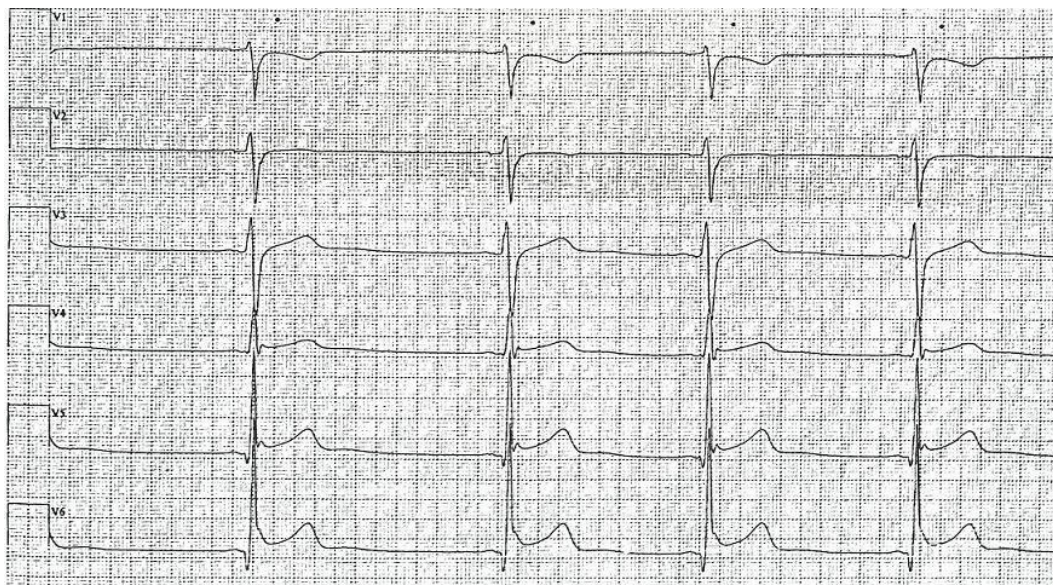
Die eben gemessenen Vitalparameter sehen wie folgt aus:

- HF: ca. 50 min
- RR: 125/80
- Temperatur: 37,4 °C

Sie untersuchen Alexander körperlich, nehmen Blut ab und schreiben noch ein EKG:

*Multimedia auf Hauptkarte**Multimedia auf Hauptkarte*





### Frage

Nebenstehendes EKG stammt von Herrn Maier. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 2'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.
3. **Markieren** Sie nur diese von Ihnen gewählten Antworten bitte in Ihrem **EKG-Ausdruck** mit einem Stift. Kodieren Sie Ihre Markierungen mit dem entsprechenden Buchstaben aus der Liste unten! (z.B. "L" schreiben und die Struktur dazu einkringeln oder nachfahren).

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS = Erregungsrückbildungsstörungen

### Multiple Choice-Antwort:

- A: ☐ HF: > 100/min
- B: ☒ HF: 50-100/min
- C: ☐ HF: < 50/min
- D: ☐ Rhythmus: RR-Abstände regelmäßig
- E: ☒ Rhythmus: RR-Abstände unregelmäßig
- F: ☐ Rhythmus: P nicht positiv in I und II
- G: ☐ Rhythmus: kein P
- H: ☐ Rhythmus: Ausfall von Einzelschlägen
- I: ☐ Rhythmus: Zusätzliche Einzelschläge
- J: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in I positiv
- K: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in I negativ
- L: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in II positiv
- M: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in II negativ
- N: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in III positiv
- O: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in III negativ
- P: ☐ Intervalle:  $P > 0,11s$
- Q: ☐ Intervalle:  $PQ > 0,21s$
- R: ☐ Intervalle:  $QRS > 0,11s$
- S: ☐ Amplituden:  $P > 0,2 mV$
- T: ☐ Amplituden:  $R \text{ in } V2 + S \text{ in } V5 > 1,05 mV$
- U: ☒ Amplituden:  $R \text{ in } V5 + S \text{ in } V2 > 3,5 mV$
- V: ☐ Amplituden:  $Q > 1/4 \text{ der Amplitude von R}$
- W: ☒ ERAS: R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu

X: O ERAS: R-Verlust

Y: O ERAS: S in V6

Z: X ERBS: ST-Hebung  $> 0,1$  mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen

a: O ERBS: ST-Senkung  $> 0,1$  mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen

b: X ERBS: T negativ in mindestens einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6

c: O ERBS: R-Verspätung (von Beginn R bis Beginn der endgültigen Negativität von R  $> 0,055$  s in V5/V6 oder  $> 0,03$  s in V1/V2)

d: O ERBS: RR' in V1

---

### Antwortkommentar

**Bitte markieren Sie nachträglich nichts mehr auf Ihrem EKG Ausdruck!!!**

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

### Karte 3: Feedback

#### Info Text

#### Feedbackteil

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **Casus-EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

#### Zeiten:

Die PQ-Zeit ist verkürzt: 0,8 s

#### Intervalle:

Der Sokolow Index für den linken Ventrikel berechnet sich aus dem höchsten R (V4-V6) + tiefstes S (V1-V3)

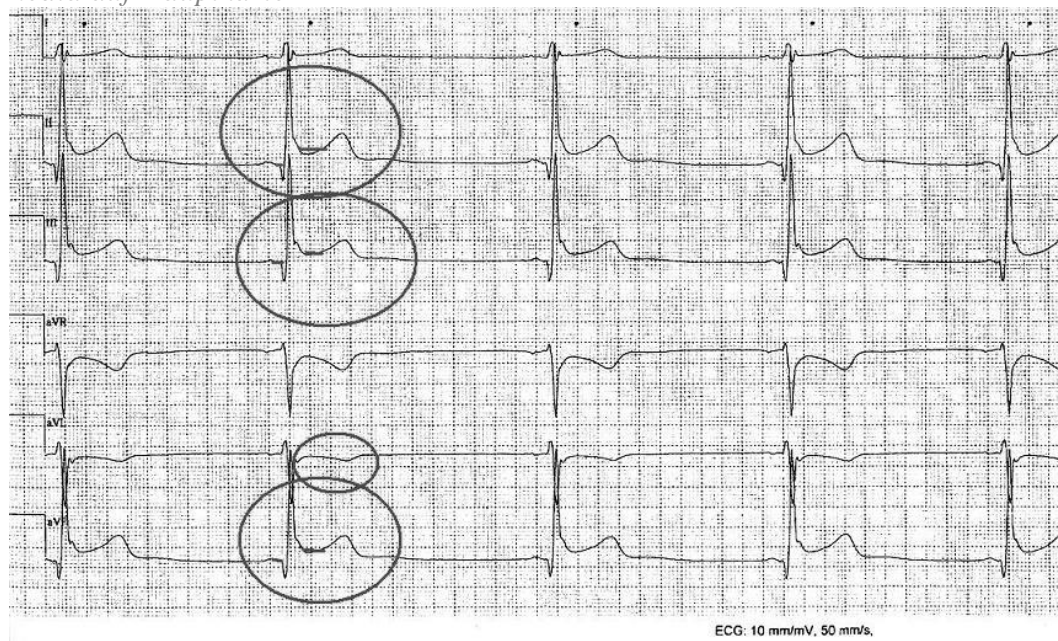
#### ERBS:

Es sind ST-Hebungen in II, III, aVF, V5-V6 zu erkennen und eine T-Negativierung in aVL.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

---

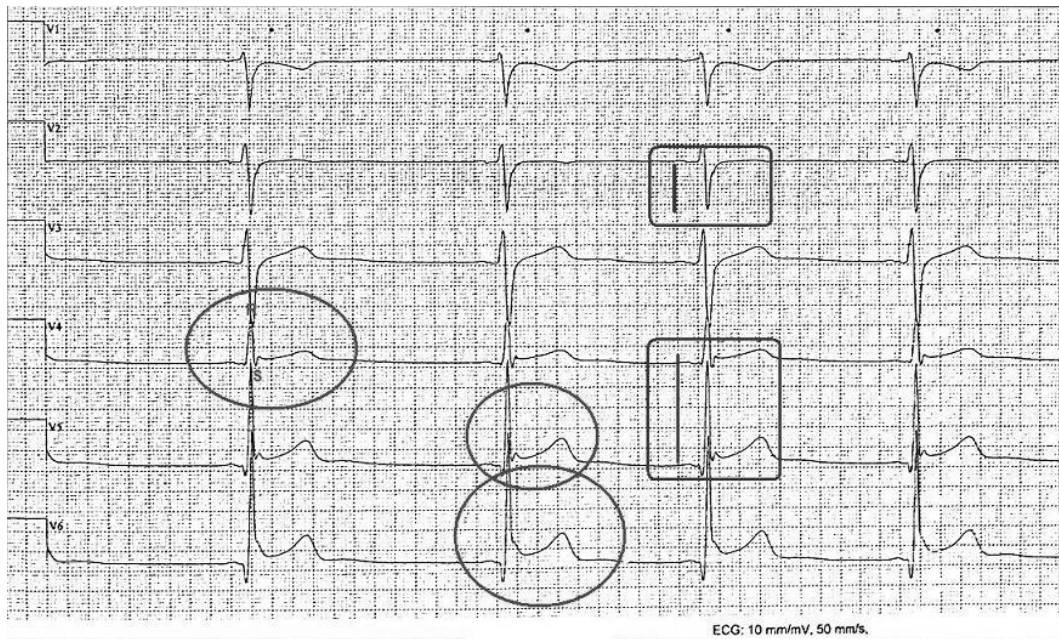
### Multimedia auf Hauptkarte




---

### Multimedia auf Hauptkarte





#### Karte 4: Befund K2

##### Info Text

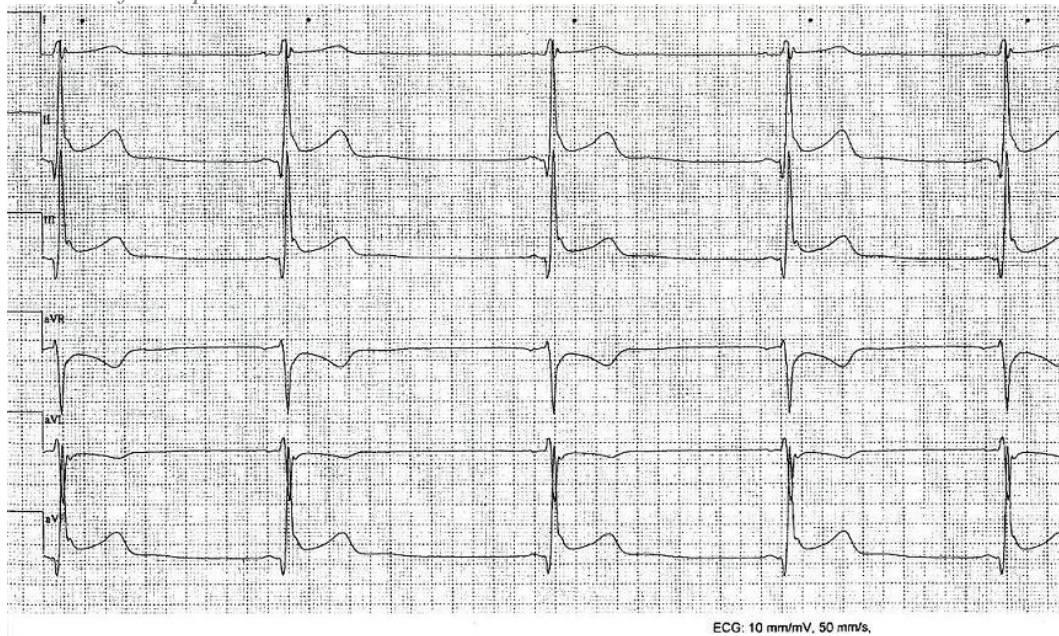
##### Befund:

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

Zur Erinnerung:

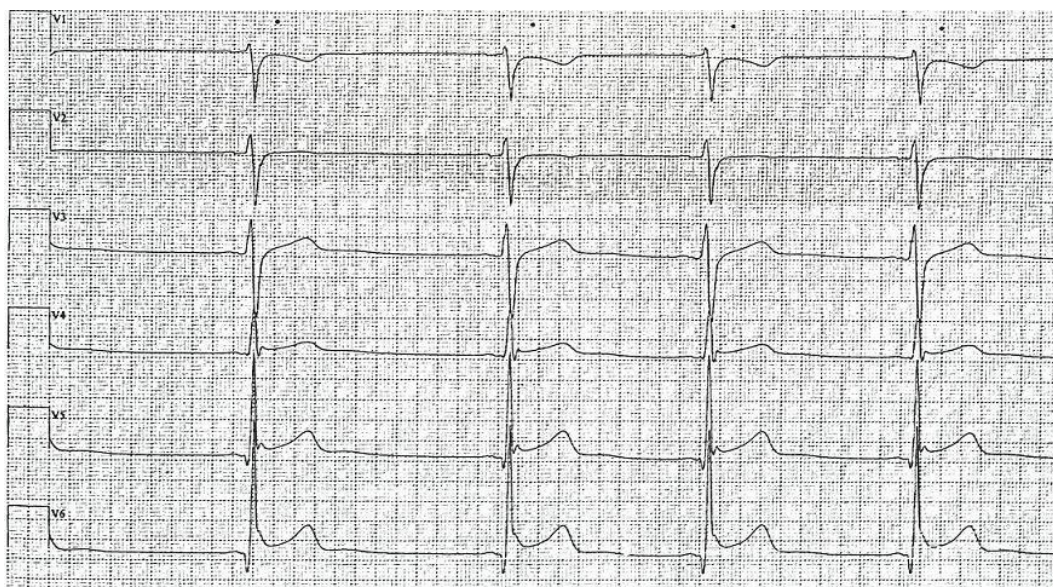
HF ca. 55min, QRS unregelmäßig und positiv in I,II und III, S in V2 + R in V5 >3,5 mV, ST-Hebungen

##### Multimedia auf Hauptkarte



##### Multimedia auf Hauptkarte





### Frage

**1. Welche Befunde treffen zu?**

**2. Begründen Sie Ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!**

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**: Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice-Antwort:

- A: ☒ HF: Normokardie
- B: ☐ HF: Tachykardie
- C: ☐ HF: Bradykardie
- D: ☒ Rhythmus: Sinusrhythmus
- E: ☐ Rhythmus: ektop atrialer Rhythmus
- F: ☐ Rhythmus: AV-junktionaler Rhythmus
- G: ☐ Rhythmus: ventrikulärer Rhythmus
- H: ☐ Rhythmus: Vorhofflimmern
- I: ☐ Rhythmus: Vorhofflattern
- J: ☐ Rhythmus: Supraventrikuläre Extrasystole
- K: ☐ Rhythmus: Ventrikuläre Extrasystole
- L: ☐ Rhythmus: AV-Block 3. Grades
- M: ☐ Rhythmus: AV-Block 2. Grades
- N: ☐ Rhythmus: Kammerflimmern
- O: ☐ Rhythmus: Asystolie
- P: ☐ Lagetyp: Indifferenztyp
- Q: ☒ Lagetyp: Steiltyp
- R: ☐ Lagetyp: Rechtstyp
- S: ☐ Lagetyp: Linkstyp
- T: ☐ Lagetyp: überdrehter Linkstyp
- U: ☐ Lagetyp: überdrehter Rechtstyp
- V: ☐ Lagetyp: Sagittaltyp
- W: ☐ Intervalle: P sinistroatriale
- X: ☐ Intervalle: AV-Block 1. Grades
- Y: ☐ Intervalle: Long QT
- Z: ☐ Intervalle: Linksschenkelblock vollständig
- a: ☐ Intervalle: Rechtsschenkelblock vollständig
- b: ☐ Intervalle: Rechtschenkelblock unvollständig

- c: O Amplituden: Rechtsventrikuläre Hypertrophie
- d: X Amplituden: Linksventrikuläre Hypertrophie
- e: O Amplituden: P dextroatriale
- f: O ERAS: Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
- g: O ERAS/ERBS: Zeichen eines alten Infarktes
- h: O ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
- i: X ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand
- j: X ERBS: Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese (z.B. entzündlich, Herzwandaneurysma und anderes)

---

#### *Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie Sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

#### *Karte 5: Feedback*

##### *Info Text*

#### **Feedbackteil**

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **Casus-EKG-Kurs** nach!

#### **Rhythmus:**

Es handelt sich um eine respiratorische Arrhythmie. Es liegt aber dennoch ein vom Sinusknoten ausgehender Rhythmus vor.

#### **Amplituden:**

Der Sokolow Index für den linken Ventrikel ist zwar erhöht, aber der Patient ist < 30 Jahre alt. Somit darf der Index nicht als Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie gewertet werden. Dies ist zwar sehr speziell, dennoch wichtig, um das EKG junger Patienten richtig zu interpretieren.

#### **ERBS:**

Die ST-Hebungen in diesem EKG zeigen Zeichen für eine frische Ischämie der Hinterwand. Jedoch finden sich neben den ST-Hebungen in V5 und V6 keine ST-Senkungen, pathologische Q-Zacken oder R-Verluste. Dies spricht also eher für einen nicht-ischämischen Myokardschaden, kann eine Ischämie aber nicht ausschließen.

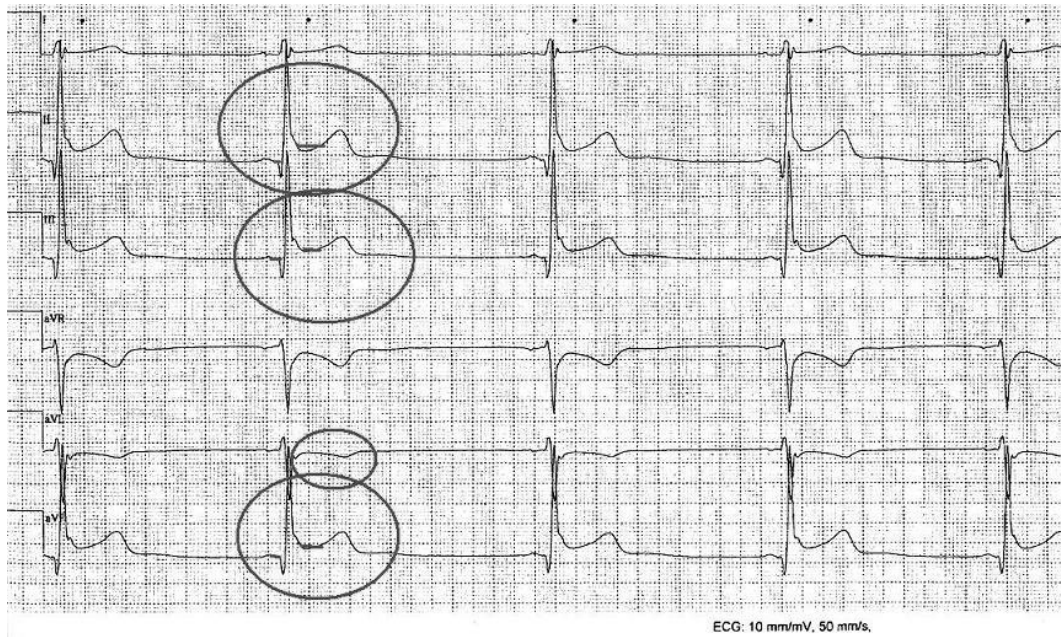
Die T Negativierung in aVL kommt durch den negativen Hauptvektor des Kammerkomplexes zustande.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

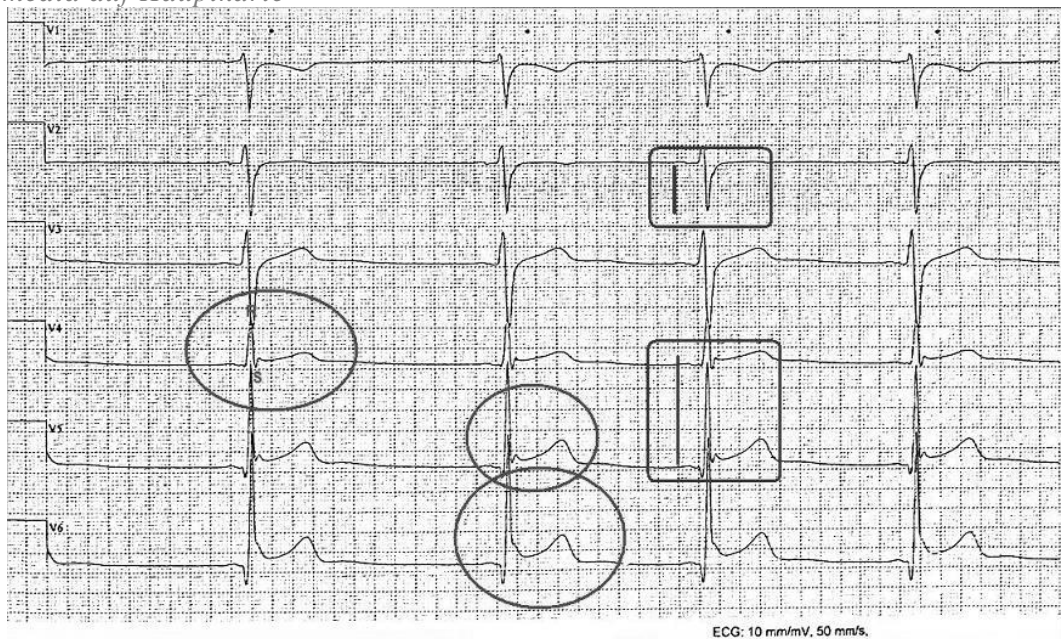
**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

---

#### *Multimedia auf Hauptkarte*



### Multimedia auf Hauptkarte



### Karte 6: Befund K3

#### Info Text

#### Differentialdiagnosen:

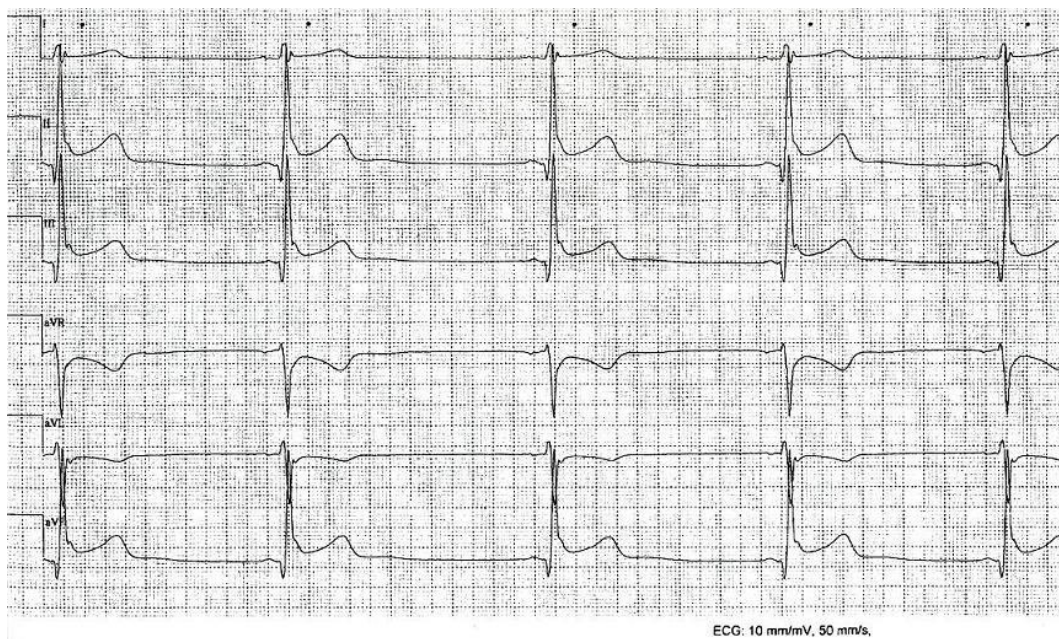
Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

Zur Erinnerung die Fallvignette:

- 25-jähriger Patient mit Brustschmerz, keine Vorerkrankungen
- HF: ca. 55/min
- EKG: Sinusrhythmus, Steiltyp, Zeichen für einen Myokardschaden

### Multimedia auf Hauptkarte





### Multimedia auf Hauptkarte



### Frage

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun **drei wichtige Verdachtsdiagnosen aus der Liste aus**.
2. **Begründen Sie** Ihre Antwort wiederum im Freitextfeld daneben!

Multiple Choice-Antwort:

- A: ☐ Anämie
- B: ☒ Angina pectoris
- C: ☐ Akutes Abdomen
- D: ☐ Akutes Cor pulmonale Lungenembolie
- E: ☐ AV-Block höheren Grades
- F: ☐ Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
- G: ☐ Elektrolytstörungen
- H: ☒ Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
- I: ☐ Kardiomyopathie

J: O Kammerflimmern  
 K: O Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens  
 L: O Klappenvitien und andere Herzfehler  
 M: O Herzinsuffizienz  
 N: O Herzneurose  
 O: O Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens  
 P: O Lungenödem  
 Q: O Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen  
 R: O Muskuloskelettaler Brustschmerz  
 S: O Myokardinfarkt, alt  
 T: X Myokardinfarkt, frisch  
 U: O Obstruktion der oberen Luftwege  
 V: O Perikarderguss  
 W: O Pneumothorax  
 X: O Präexcitationssyndrom  
 Y: O Psychogene Dyspnoe  
 Z: O Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall  
 a: O Ventrikuläre Tachykardie  
 b: O Vorhofflattern  
 c: O Vorhofflimmern, neu aufgetreten  
 d: O Vorhofflimmern, permanent

---

#### *Antwortkommentar*

Die beiden wichtigsten DD sind sicher **frischer ST-Hebungs-Infarkt** und **entzündliche Herzerkrankung**.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

#### *Karte 7: Feedback*

##### *Info Text*

##### **Feedbackteil**

##### **Arbeitsdiagnose(n):**

**-Entzündliche Herzerkrankungen**

-Herzinfarkt

-Vagaler Leistungssportler

Bei akutem Brustschmerz sollten Sie abhängig vom jeweiligen Patienten aber unter anderem folgende Differentialdiagnosen bedenken!

-Myokardinfarkt	-Hypertone Krise
-Angina Pectoris	-Ösophaguserkrankungen
-Perikarditis	-Rippenverletzung und andere muskuloskelettale Schmerzen
-Lungenembolie	-Spondylarthritiden
-Aneurysma dissecans	-Herpes Zoster
-Myokarditis	-Pleuritis
-Herzneurose	-Tumoren
-Kardiomyopathien	-Abdominalerkrankungen, z.B. akute Pankreatitis

##### **Hinterwandinfarkt:**

Im EKG sieht man ST-Hebungen in II, III, aVF und linkspräkordial nicht weiter als V5. Zudem sind ST-Senkungen rechtspräkordial zu erkennen. Nur mit Hilfe eines EKGs lässt sich oftmals nicht zwischen einer ischämischen und entzündlichen Genese der ERBS unterscheiden. Bei einem 25-jährigen ansonsten gesunden Sportler ist diese Diagnose dennoch unwahrscheinlich.



**Angina Pectoris:**

Unter Belastung kommt es zu ST-Senkungen und/oder auch zu unspezifischen T-Negativierungen. Diese müssen nicht auf die infarkttypischen Ableitungen begrenzt sein. Die Schmerzen im Thoraxbereich klingen dabei im Gegensatz zum Myokardinfarkt in Ruhe nach 5-15 Minuten ab, nach Nitro-Einnahme bereits nach 1-2 Minuten.

**Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis**

Auch diese Erkrankungen führen zu ERBS. Typisch für die Perikarditis sind 'ST-Hebungen aus dem aufsteigenden S', wobei diese diffus über die gesamten Ableitungen sichtbar sein können. Eine Perikarditis kann aber auch einen Herzinfarkt mimen. Allerdings kommt es hier nie zu R-Verlusten oder zu pathologischen Q-Zacken! Klinisch äußert sich die (trockene) Perikarditis in retrosternalen Schmerzen, die sich im Liegen und bei Inspiration verstärken können. Bei der Myokarditis sieht man terminal negative T-Wellen und ST-Senkungen. Zudem kommt es häufig zu z.T. gefährlichen Rhythmusstörungen und Schenkelblockierungen. Eine strikte Abgrenzung zwischen Peri- und Myokarditis ist nicht immer möglich und sinnvoll.

**Vagotonus:**

Bei Leistungssportlern ist unabhängig von der Klinik Brustschmerz auch ein solches EKG denkbar! Hier kommt es oft zu einer Bradykardie mit ST-Hebungen in den Präkordialen Ableitungen, sowie T-Überhöhungen zwischen V2-V5

---

*Karte 8: Befund K4*

*Info Text*

**Weiteres Vorgehen:**

Inzwischen haben Sie auch das Labor erhalten und erklären Herrn Meier das weitere Vorgehen. Sie haben bei Ihrem jungen Patienten eine Perimyokarditis diagnostiziert.

---

*Multimedia auf Hauptkarte*

Parameter	Wert	Normwerte	Einheit
Leukozyten	20.0	4.0 - 11.3	10 <sup>3</sup> /μl
Erythrozyten	4.7	4.5 - 5.9	10 <sup>6</sup> /μl
Hämoglobin	14.9	14.0 - 17.5	g/dl
Hämatokrit	41.2	38.0 - 52.0	%
MCV	87.5	80.0 - 96.0	μm <sup>3</sup>
MCH	31.6	28.0 - 33.0	pg
Thrombozyten	200.0	150 - 350	10 <sup>3</sup> /μl
Neutrophile	36.8	50 - 70	%
Stabkernige	4.0	< 5.0	%
Segmentierte	55.5	40 - 70	%
Lymphozyten	70	25 - 40	%
Eosinophile	0	< 4.0	%
Basophile	0	< 1.0	%
Monozyten	5.0	< 8.0	%
Retikulozyten	7.2	5.0 - 15.0	%
TPZ (Quick)	78	70 - 120	%
PTT	27.5	25 - 42	Sec
CRP	3.2	< 0.5	mg/dl
Kreatinin	1.0	0.7 - 1.2	mg/dl
Natrium	135	135 - 148	mmol/l
Kalium	4.3	3.5 - 5.4	mmol/l
Calcium	2.36	2.15 - 2.60	mmol/l
Phosphat	3.6	2.5 - 4.8	mmol/l
Blutzucker	77	50 - 110	mg/dl
GOT	25	< 19	U/l
GPT	22	< 24	U/l
Gamma-GT	18	< 28	U/l
Eiweiß	7.7	6.0 - 8.5	g/dl
TSH basal	3.35	0.4 - 4.0	μE/ml
Myoglobin	50	< 55	μg/l
Troponin T	0.6	< 0.4	μg/l
CK	200	0 - 170	U/l
CK-MB	0.3	0 - 25	U/l
D-Dimere	0.4	0.5	mg/l

### Frage

1. Welche **Schritte** sind **direkt als nächstes** nötig?
2. **Begründen** Sie dieses dann **wiederum im Kästchen daneben**.

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

Multiple Choice-Antwort:

- A: O Versorgung: O2 Nasensonde
- B: O Versorgung: Narkose und Intubation
- C: O Versorgung: Defibrillation
- D: X Versorgung: Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
- E: O Versorgung: Zentralvenöser Zugang

F: O Diagnostik: Bildgebung: Röntgen Thorax

G: O Diagnostik: Bildgebung: CT Thorax

H: O Diagnostik: Bildgebung: CT-Angiographie Thorax

I: O Diagnostik: Blutgasanalyse

J: O Diagnostik/Eingriff: Herzkatheteruntersuchung mit evtl. Stentimplantation innerhalb der nächsten 90 Minuten

K: O Diagnostik: weitere Labordiagnostik

L: X Diagnostik: Echokardiographie

M: O Diagnostik: Ergometrie

N: O Diagnostik: Langzeitblutdruckmessung

O: O Eingriff: Schrittmacherimplantation

P: O Eingriff: Kardioversion

Q: O Handling: Intensivstation

R: X Handling: Überwachungsstation

S: O Handling: Normalstation

T: O Handling: Überweisung zum Hausarzt und Entlassung nach Hause

U: O Handling: Konsil bei anderer Fachdisziplin

V: O Handling: Entlassung nach Hause

W: O Medikamente: Antikoagulation

X: X Medikamente: NSAR

Y: O Medikamente: Lysetherapie

Z: O Medikamente: Heparinisierung

a: O Medikamente: Amiodaron

b: O Medikamente:  $\beta$ -Blocker

c: O Medikamente: Ca 2+ Antagonisten

d: O Medikamente: Adrenalin

e: O Medikamente: Benzodiazepine

f: O Medikamente: Digitalisierung

g: X Medikamente: Antibiotika bei bakterieller Genese

h: X Medikamente: Kortikosteroide

i: O Medikamente: Opioide

j: O Medikamente: ACE-Hemmer

k: O Medikamente: Nitrate

l: O Medikamente: Diuretikum

---

### Antwortkommentar

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

### Karte 9: Feedback

#### Info Text

#### Feedback:

Das Vorgehen bei Herrn Meier sollte wie folgt aussehen.

Interventionen	weitere Diagnostik	Handhabung	Medikamente
Überwachungsmonitor: Cave: Rhythmusstörungen Perikardtamponade	Echokardiographie für empfindlichen Ergussnachweis	Überwachungsstation Cave: Rhythmusstörungen Perikardtamponade	NSAR
Bei drohender Herzbeuteltamponade Entlastungspunktion auf der Intensivstation	Biopsie: bei akutem Verlauf mit progredient eingeschränkter LV- Pumpfunktion  Weitere Labordiagnostik im Verlauf wenn Pumpfunktion chronisch erniedrigt bleibt: BNP als prognostischer und Verlaufsparmeter		Steroide   Antibiotika bei bakterieller Genese (selten)

Herr Maier hat sich nach 3 Wochen vollständig von seiner Perimyokarditis erholt.

---

### Karte 10: Ende

#### Info Text

Vielen Dank, Sie haben nun den zweiten Patientenfall komplett gelöst.

**Bitte melden Sie sich jetzt mit Handzeichen,** Sie bekommen noch einen kurzen Fragebogen von uns ausgeteilt, den Sie bitte ausfüllen und dort oben drauf schreiben, wie lange Sie dafür gebraucht haben.

Anschließend können Sie in die Pause gehen. Sie bekommen, wie angekündigt ein Mittagessen von uns. Bitte setzen Sie Ihre Fallbearbeitung mit **Lernfall 3 erst** nach der Mittagspause fort!

---

### **10.1.3.EKG Lernfall 3**

Autor(en): Franziska Hasch  
Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

*Info Text*

**Liebe Studierenden,  
Herzlich Willkommen zu Fall 3 der EKG-Studie der LMU!**

Die Hälfte der Lernfälle haben Sie schon hinter sich. Fall 3 ist strukturell ähnlich wie Fall 1 und 2. Wir bitten Sie alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten, da wir uns von dieser Studie wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse versprechen. Sie können natürlich jederzeit eine kurze Pause machen. Bitte Versorgen Sie sich mit den bereitgestellten Getränken.

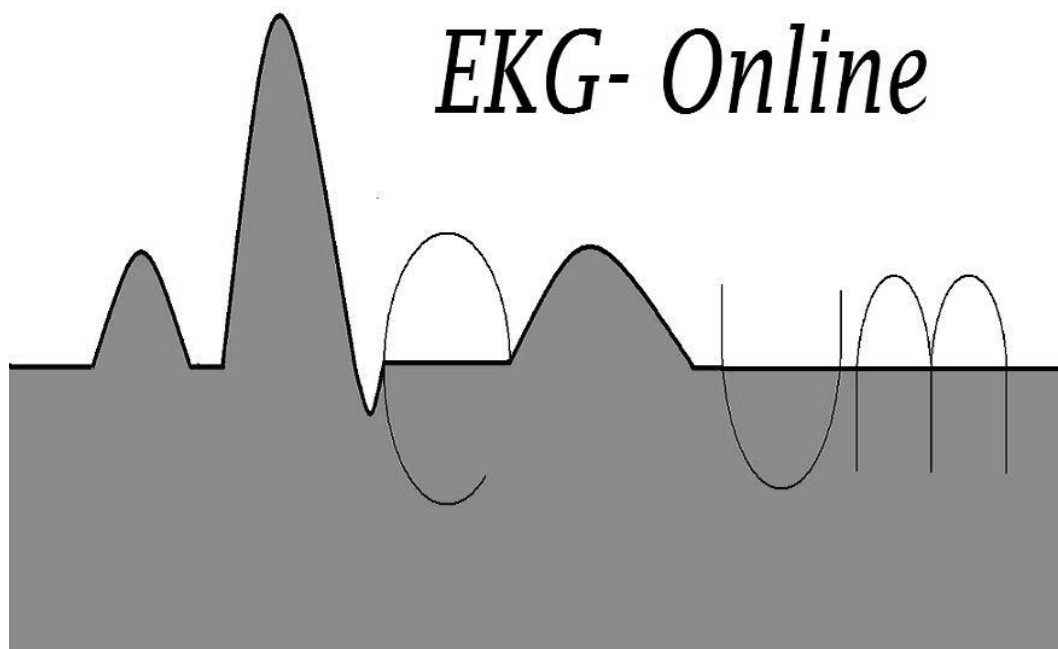
**Hinweis:**

Sie können jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!  
Ihr Team der Medizindidaktik

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Karte 2: Befund K1*

*Info Text*

**Fall 3:**

Frau Hildegard Brunner wird vom Rettungswagen gebracht. Die 80 jährige Rentnerin leidet seit einigen Stunden unter sichtlicher Atemnot und Palpitationen. Die alte Dame hatte bis jetzt keine wesentlichen Vorerkrankungen. Sie ist erst letzte Woche am Auge wegen eines Katarakts operiert worden, und der Hausarzt hat ihr Tabletten für den Blutdruck verschrieben. Sie wisse nicht, wie die

Tabletten heißen, aber die nehme sie eh nicht so oft. Sie ist bis jetzt eigentlich gesund gewesen, nur das Treppensteigen ist ihr etwas schwer gefallen, weil ihr da die Luft weg bleibe. Frau Brunner wirkt ansonsten sehr geordnet auf Sie, und Sie beginnen mit der körperlichen Untersuchung.

Die eben gemessenen Vitalparameter sehen wie folgt aus:

-HF: ca. 120/min

- RR: 150/90

-Temperatur: 36.7 °C

Bei der körperlichen Untersuchung kommen Sie zu folgendem Ergebnis: 78-jährige Patientin in gutem EZ und verminderten AZ. Ruhedyspnoe mit begleitender Unruhe. Neurologie unauffällig. Abdomen weich, kein Druckschmerz. Über der Lunge beidseits basale Rasselgeräusche. 2/6 Systolikum mit Punktum Maximum über ERB.

Sie nehmen Blut ab und schreiben ein EKG:

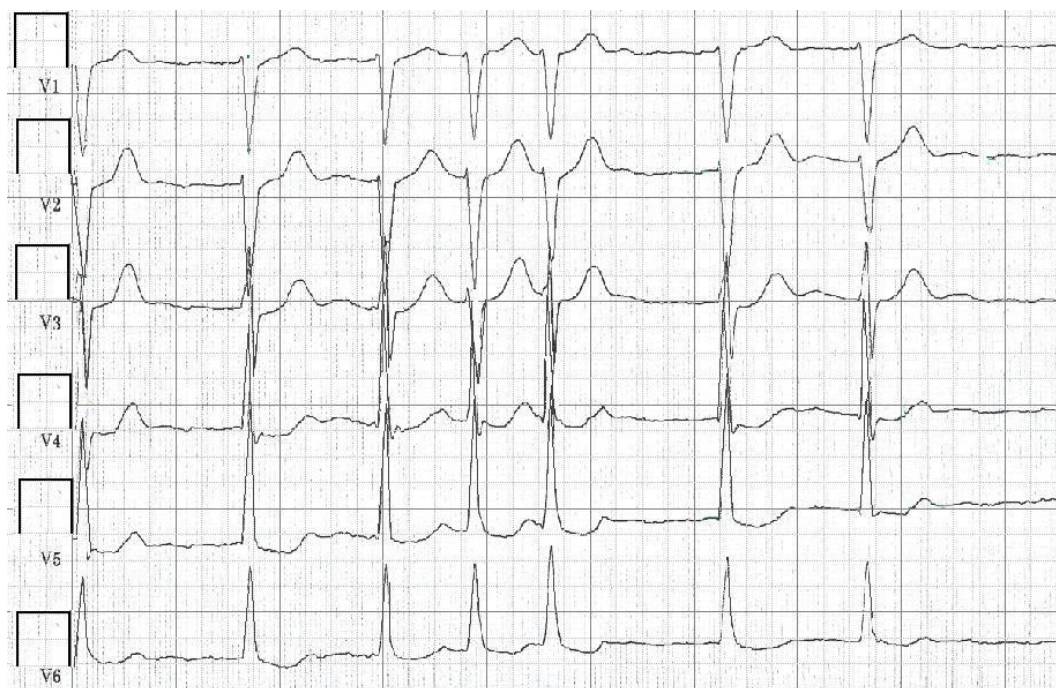
---

*Multimedia auf Hauptkarte*



---

*Multimedia auf Hauptkarte*



### Frage

Nebenstehendes EKG stammt von Frau Brunner. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 3'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.
3. **Markieren** Sie nur diese von Ihnen gewählten Antworten bitte in Ihrem **EKG-Ausdruck** mit einem Stift. Kodieren Sie Ihre Markierungen mit dem entsprechenden Buchstaben aus der Liste unten! (z.B. "L" schreiben und die Struktur dazu einkringeln oder nachfahren)

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS =

Erregungsrückbildungsstörungen

### Multiple Choice-Antwort:

- A: X HF: > 100/min
- B: O HF: 51-99/min
- C: O HF: < 50/min
- D: O Rhythmus: RR-Abstände regelmäßig
- E: X Rhythmus: RR-Abstände unregelmäßig
- F: O Rhythmus: P nicht positiv in I und II
- G: X Rhythmus: kein P
- H: O Rhythmus: Ausfall von Einzelschlägen
- I: O Rhythmus: Zusätzliche Einzelschläge
- J: X Lagetyp: Hauptvektor in I positiv
- K: O Lagetyp: Hauptvektor in I negativ
- L: X Lagetyp: Hauptvektor in II positiv
- M: O Lagetyp: Hauptvektor in II negativ
- N: O Lagetyp: Hauptvektor in III positiv
- O: X Lagetyp: Hauptvektor in III negativ
- P: O Intervalle: P > 0,11s
- Q: O Intervalle: PQ > 0,21 s
- R: O Intervalle: QRS > 0,11s
- S: O Amplituden: P > 0,2 mV
- T: O Amplituden: R in V2 + S in V5 > 1,05 mV

U: X Amplituden: R in V5 + S in V2 > 3,5 mV

V: O Amplituden: Q > 1/4 der Amplitude von R

W: X ERAS: R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu

X: O ERAS: R-Verlust

Y: O ERAS: S in V6

Z: O ERBS: ST-Hebung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen

a: X ERBS: ST-Senkung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen

b: X ERBS: T negativ in mindestens einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6

c: O ERBS: R-Verspätung (von Beginn R bis Beginn der endgültigen Negativität von R > 0,055 s in V5/V6 oder > 0,03 s in V1/V2)

d: O ERBS: RR' in V1

---

### *Antwortkommentar*

**Bitte markieren Sie nachträglich nichts mehr auf ihrem EKG Ausdruck!!!**

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

### *Karte 3: Feedback*

#### *Info Text*

#### **Feedbackteil**

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **Casus-EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

#### **Frequenz:**

Im Mittel finden sich 120 R-Zacken pro Minute

#### **P-Welle:**

Es sind keine P-Wellen zu erkennen.

#### **Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4,5mV

#### **ERBS:**

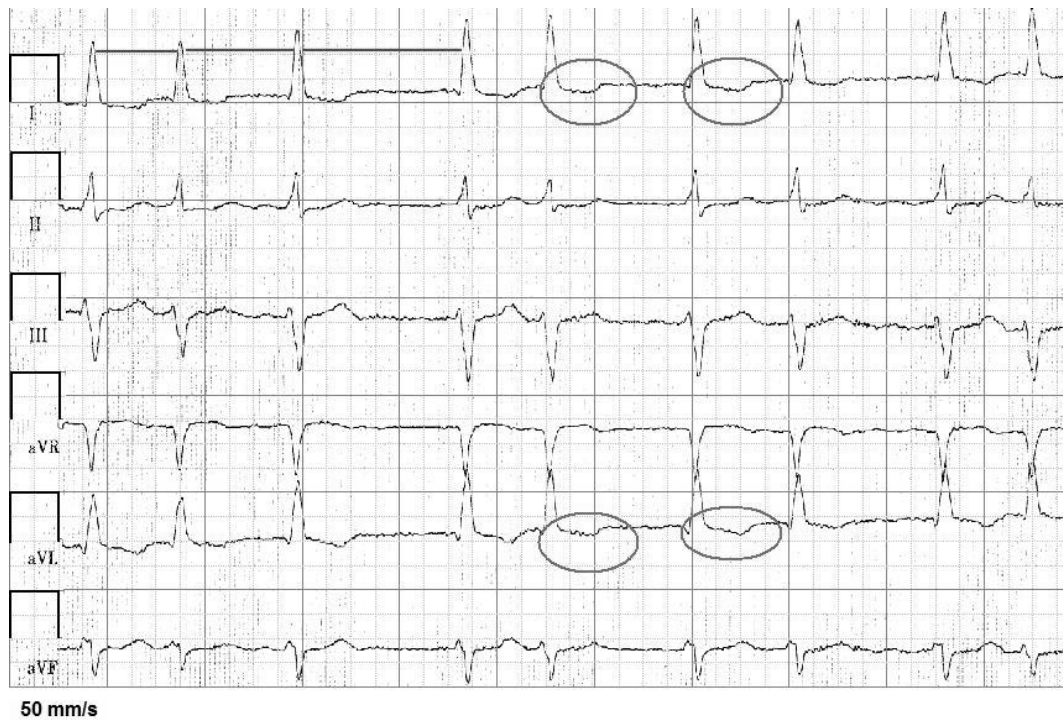
Man erkennt eine T Negativierung in I und aVL sowie muldenförmige ST-Senkungen in V4-V6

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

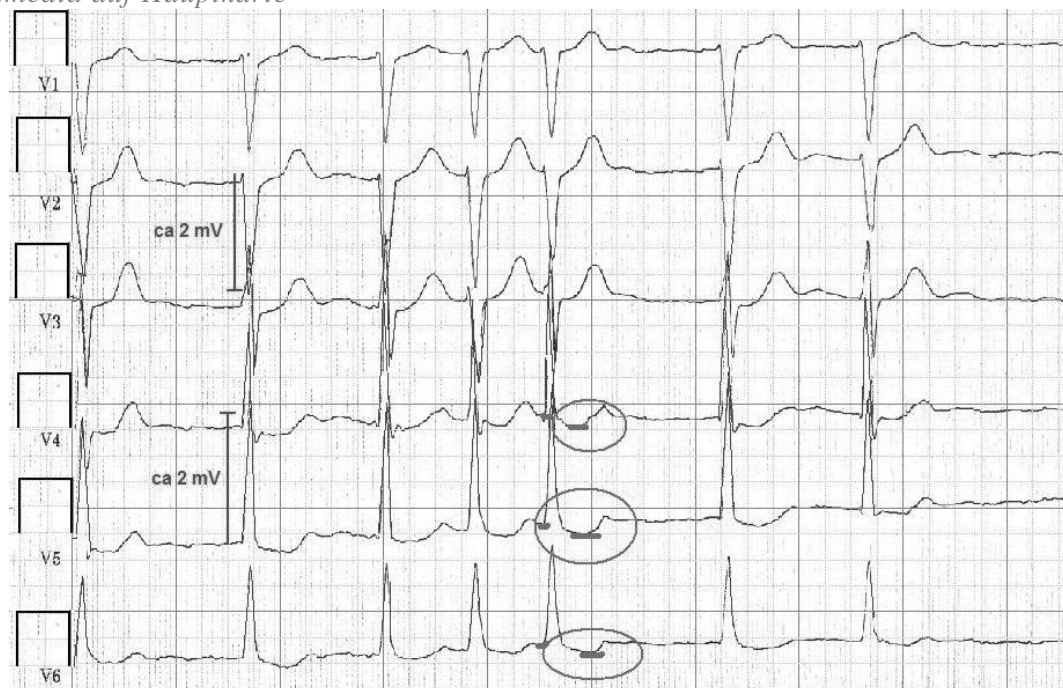
---

### *Multimedia auf Hauptkarte*





Multimedia auf Hauptkarte



Karte 4: Befund K2

Info Text

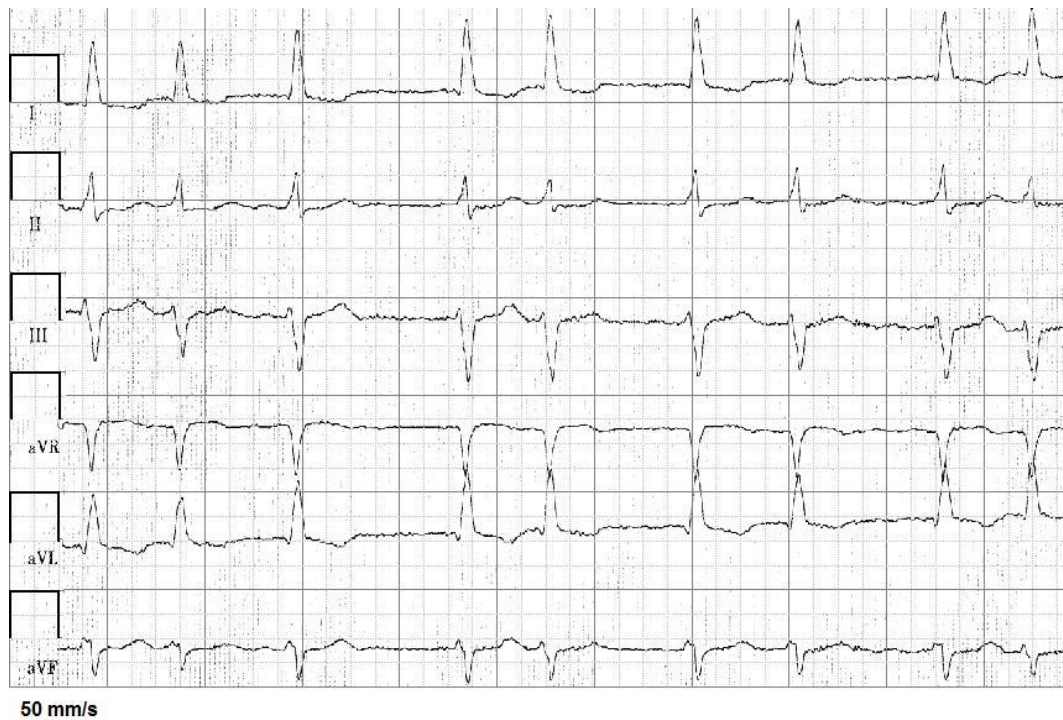
**Befund:**

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

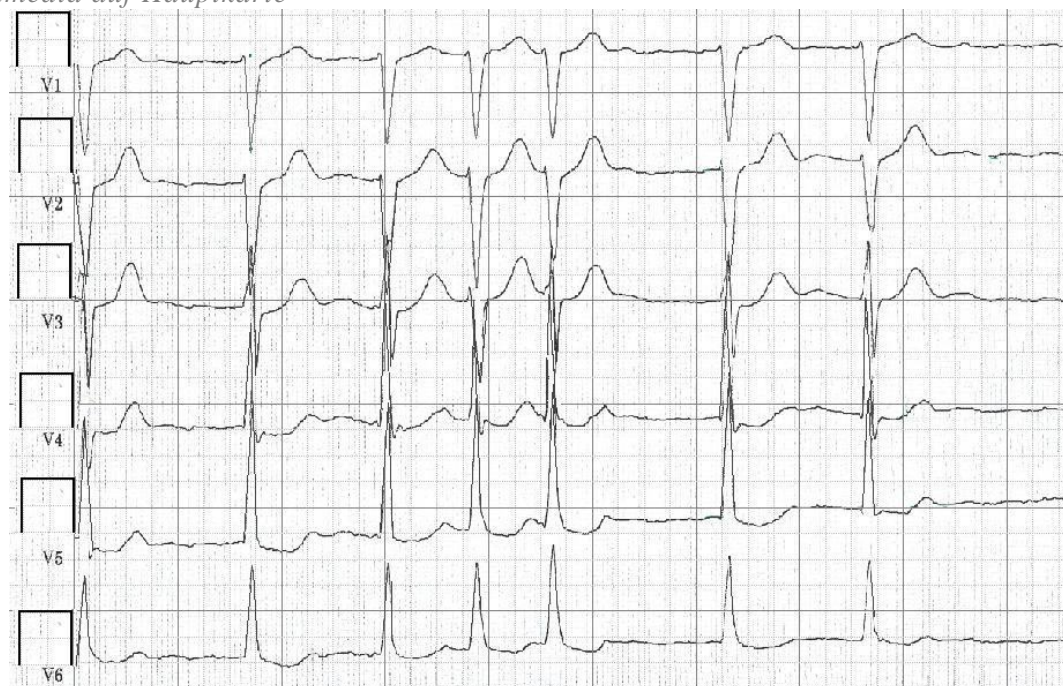
Im EKG erkennt man: HF > 100/min, kein P, RR Abstände unregelmäßig, I und II **positiv**, III negativ, positiver Sokolow-Index für den linken Ventrikel, ST Senkungen

Multimedia auf Hauptkarte





*Multimedia auf Hauptkarte*



*Frage*

1. Welche Befunde treffen zu?
2. Begründen Sie ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice-Antwort:

A: O HF: Normokardie

B: X HF: Tachykardie

C: O HF: Bradykardie  
 D: O Rhythmus: Sinusrhythmus  
 E: O Rhythmus: ektop atrialer Rhythmus  
 F: O Rhythmus: AV-junktionaler Rhythmus  
 G: O Rhythmus: ventrikulärer Rhythmus  
 H: X Rhythmus: Vorhofflimmern  
 I: O Rhythmus: Vorhofflattern  
 J: O Rhythmus: Supraventrikuläre Extrasystole  
 K: O Rhythmus: Ventrikuläre Extrasystole  
 L: O Rhythmus: AV-Block 3. Grades  
 M: O Rhythmus: AV-Block 2. Grades  
 N: O Rhythmus: Kammerflimmern  
 O: O Rhythmus: Asystolie  
 P: O Lagetyp: Indifferenztyp  
 Q: O Lagetyp: Steiltyp  
 R: O Lagetyp: Rechtstyp  
 S: X Lagetyp: Linkstyp  
 T: O Lagetyp: überdrehter Linkstyp  
 U: O Lagetyp: überdrehter Rechtstyp  
 V: O Lagetyp: Sagittaltyp  
 W: O Intervalle: P sinistroatriale  
 X: O Intervalle: AV-Block 1. Grades  
 Y: O Intervalle: Long QT  
 Z: O Intervalle: Linksschenkelblock vollständig  
 a: O Intervalle: Rechtsschenkelblock vollständig  
 b: O Intervalle: Rechtsschenkelblock unvollständig  
 c: O Amplituden: Rechtsventrikuläre Hypertrophie  
 d: X Amplituden: Linksventrikuläre Hypertrophie  
 e: O Amplituden: P dextroatriale  
 f: O ERAS: Zeichen für eine Rechtsherzbelastung  
 g: O ERAS/ERBS: Zeichen eines alten Infarktes  
 h: O ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand  
 i: O ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand  
 j: X ERBS: Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese (z.B. entzündlich, Herzwandaneurysma und anderes)

---

#### *Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie Sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

#### *Karte 5: Feedback*

##### *Info Text*

##### **Feedbackteil**

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im Skript zum Casus-EKG-Kurs nach!

##### **Rhythmus:**

Man erkennt keine P-Wellen und das EKG ist tachykard und arrhythmisch. Man spricht bei diesem Befund von einer Tachyarrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern.

##### **Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4,5mV und damit erhöht. Dies spricht für eine linksventrikuläre Hypertrophie.

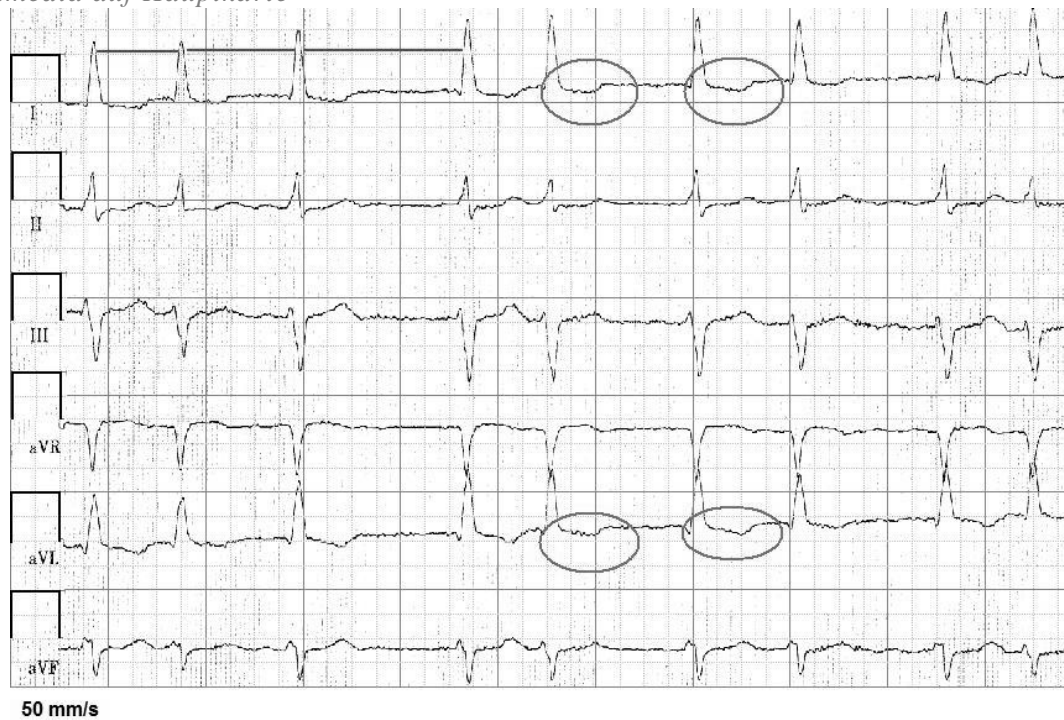
##### **ERBS:**

Die ERBS sind typisch für eine linksventrikuläre Hypertrophie mit Myokardschaden. Bei der Hypertrophie des linken Ventrikels sieht man zunächst nur Veränderungen der Amplituden (R- und S-

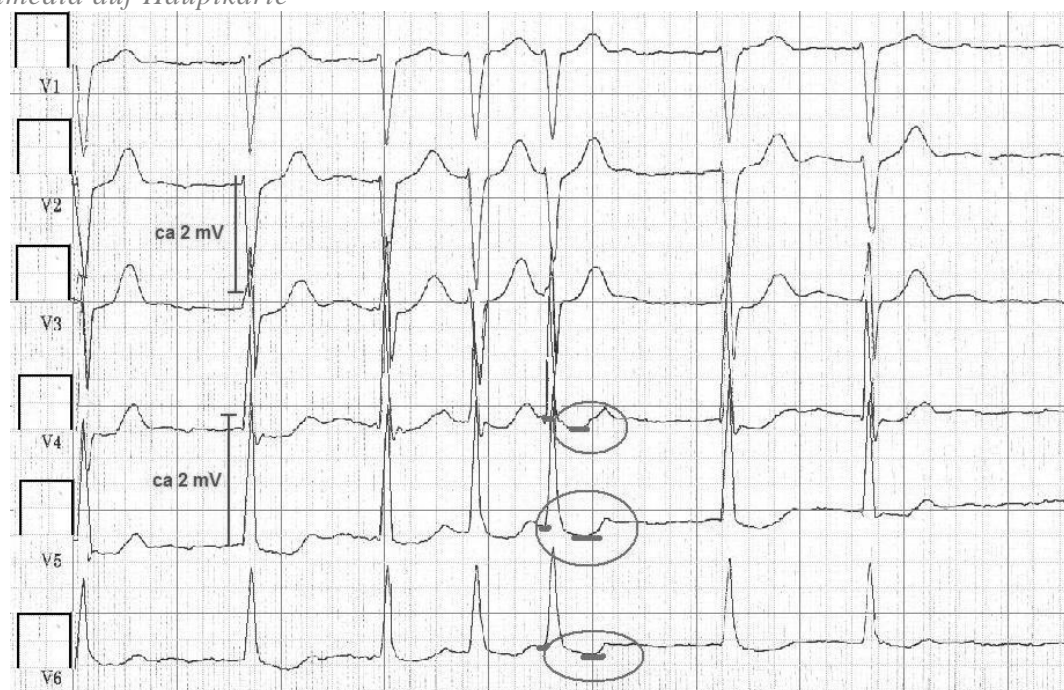
Zacken). Beim Fortschreiten dann T-Abflachungen, schließlich ST/T- Veränderungen und zuletzt evtl. sogar einen Linksschenkelblock mit entsprechenden ERBS

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!  
**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

## Multimedia auf Hauptkarte



## Multimedia auf Hauptkarte



Karte 6: Befund K3

*Info Text*

**Differentialdiagnosen:**

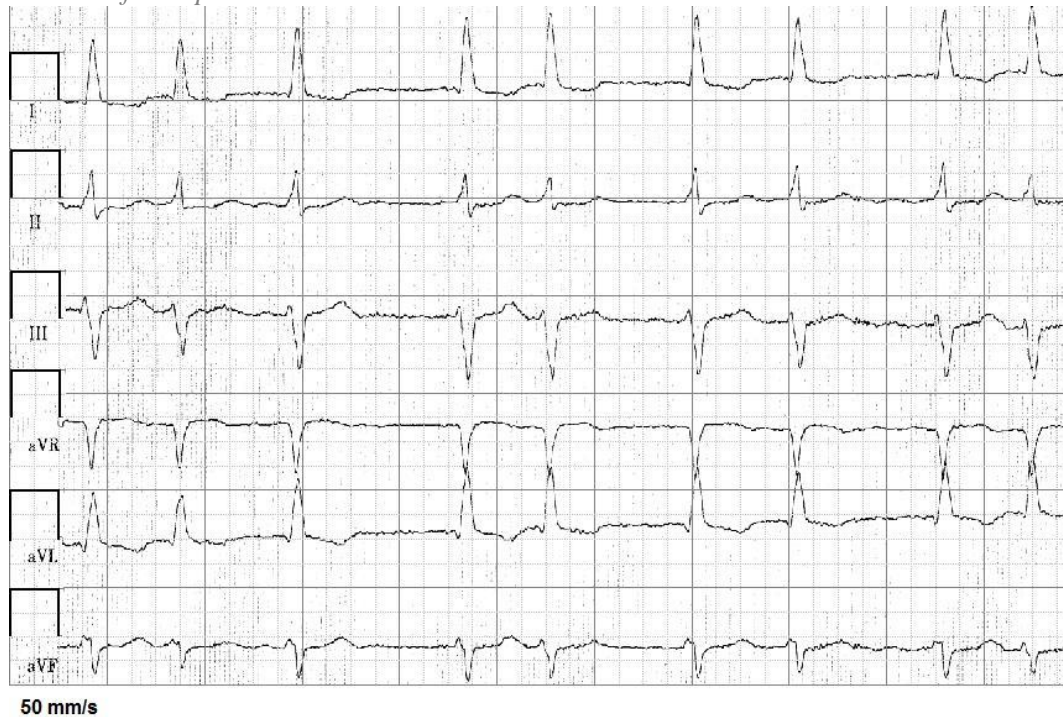
Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.



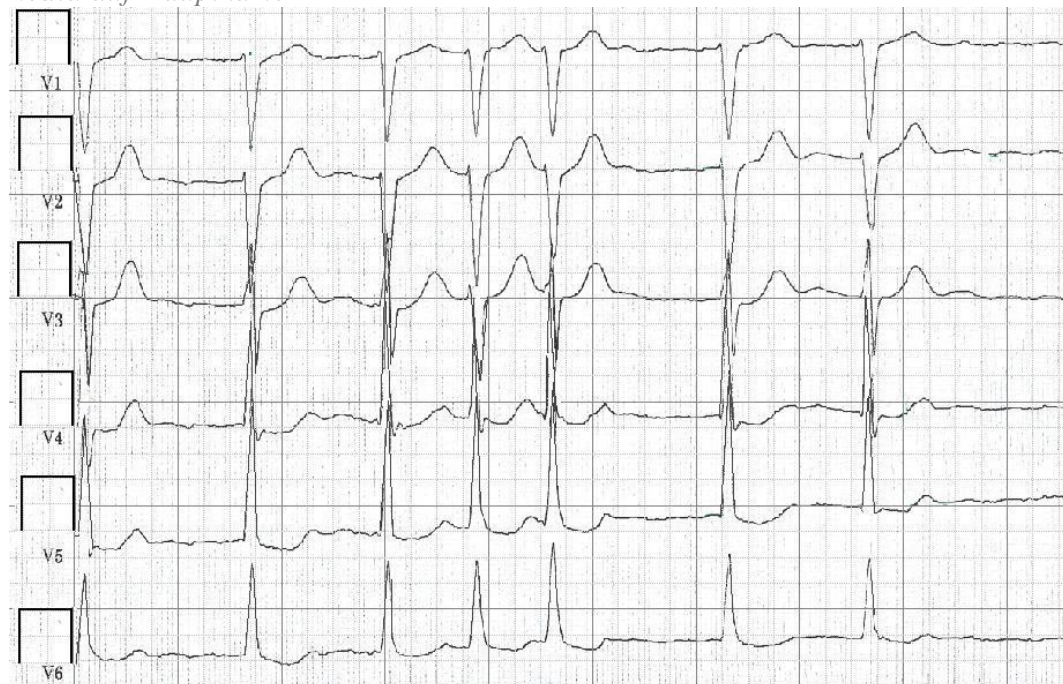
Zur Erinnerung die Fallvignette:

- 80-jährige Patientin mit neu aufgetretener Ruhedyspnoe, Hypertonus und vorbekannte Atemnot beim Treppensteigen
- HF: ca. 120/min  
RR: 150/90  
Temperatur: 36,7 °C
- basale RG über der Lunge, 2/6 Systolikum über ERB
- EKG: Tachykardie, Vorhofflimmern, Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie, Erregungsrückbildungsstörungen V4-V6

*Multimedia auf Hauptkarte*



*Multimedia auf Hauptkarte*



*Frage*

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun **vier passende Arbeitsdiagnosen aus der Liste aus**.
2. **Begründen Sie** Ihre Antwort wiederum im Freitextfeld daneben!

---

Multiple Choice-Antwort:

- A: ☐ Anämie
- B: ☐ Aneurysma dissecans
- C: ☐ Angina pectoris
- D: ☐ Akutes Abdomen
- E: ☐ Akutes Cor pulmonale/ Lungenembolie
- F: ☐ AV-Block höheren Grades
- G: ☐ Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
- H: ☐ Elektrolytstörungen
- I: ☐ Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
- J: ☐ Kardiomyopathie
- K: ☐ Kammerflimmern
- L: ☒ Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
- M: ☒ Herzinsuffizienz
- N: ☐ Herzneurose
- O: ☐ Herzwandaneurysma
- P: ☒ Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
- Q: ☐ Lungenödem
- R: ☐ Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
- S: ☐ Muskuloskelettaler Brustschmerz
- T: ☐ Myokardinfarkt, alt
- U: ☐ Myokardinfarkt, frisch
- V: ☐ Obstruktion der oberen Luftwege
- W: ☐ Perikarderguss
- X: ☐ Pneumothorax
- Y: ☐ Präexcitationssyndrom
- Z: ☐ Psychogene Dyspnoe
- a: ☐ Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
- b: ☐ Ventrikuläre Tachykardie
- c: ☐ Vorhofflattern
- d: ☒ Vorhofflimmern, neu aufgetreten
- e: ☐ Vorhofflimmern, permanent

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

*Karte 7: Feedback**Info Text***Feedbackteil****Arbeitsdiagnose(n):****Neu aufgetretenes Vorhofflimmern****Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens**

-> daraus erfolgt nun eine höhergradige Herzinsuffizienz mit Ruhedyspnoe.

Bei akuter Dyspnoe sollten Sie abhängig vom jeweiligen Patienten unter anderem folgende Differentialdiagnosen bedenken!

-Myokardinfarkt

-Asthma

- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| -Herzinsuffizienz      | -COPD               |
| -Perikarditis          | -Anämie             |
| -Lungenembolie         | -Malignome          |
| -Pericarderguss        | -Pneumonie und TBC  |
| -Klappenvitien         | -Thymom             |
| -Herzrhythmusstörungen | -Pleuraerguss       |
| -Kardiomyopathien      | -Psychogene Luftnot |

### Neu aufgetretenes Vorhofflimmern:

Sie sollten in diesem Fall folgende Ätiologien bedenken:

- Hypertonus
- Mitralklappenvitien (v.a. bei jungen Patienten)
- Herzinfarkt
- Lungenembolie
- Hyperthyreose
- Alkoholtoxisch
- Medikamente
- Peri-/Myokarditis
- Elektrolytstörungen wie Hypokaliämie
- Hypertensive Herzerkrankung mit Herzinsuffizienz

Die akute Dyspnoe und die Palpitationen bei Frau Brunner sprechen für ein neu aufgetretenes Vorhofflimmern bei bereits bestehender Herzinsuffizienz (vermutlich NYHA I oder II). Frau Brunner berichtete von Belastungsdyspnoe beim Treppensteigen und im EKG sieht man Zeichen einer linksventrikulären Hypertrophie mit ERBS (= Zeichen für bereits eingetretene Myokardschädigung bei dieser Pathologie). Im Vor-EKG vor einer Woche, das Sie gerade bekommen haben, sieht man noch kein Vorhofflimmern. Das Herzzeitvolumen verringert sich durch Vorhofflimmern bei Gesunden um bis zu 10%, bei Herzinsuffizienten um bis zu 40%.

---

### Karte 8: Befund K4

#### Info Text

#### Weiteres Vorgehen:

Sie haben Frau Brunners Labor erhalten und überlegen Ihr weiteres Vorgehen. Alle Werte, die bestimmt wurden (kleines Blutbild, Entzündungsparameter, Gerinnung, Schilddrüse, Herzinfarktmarker), sind soweit in der Norm. Leider wurden die Leber- und Nierenwerte vergessen. Bitte bedenken Sie die deutliche hämodynamische Verschlechterung von Frau Brunner seit Beginn des Vorhofflimmerns.

---

#### Frage

1. Welche **Schritte** sind **direkt als nächstes** nötig?
2. **Begründen** Sie dieses dann **wiederum im Kästchen daneben**.

#### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

---

#### Multiple Choice-Antwort:

- A: X Versorgung: O2 Nasensonde
- B: O Versorgung: Narkose und Intubation
- C: O Versorgung: Defibrillation
- D: X Versorgung: Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
- E: O Versorgung: Zentralvenöser Zugang
- F: X Diagnostik: Bildgebung: Röntgen Thorax
- G: O Diagnostik: Bildgebung: CT Thorax

- H: O Diagnostik: Bildgebung: CT-Angiographie Thorax  
 I: O Diagnostik/Eingriff: Herzkatheteruntersuchung mit evtl. Stentimplantation innerhalb der nächsten 90 Minuten  
 J: X Diagnostik: weitere Labordiagnostik  
 K: X Diagnostik: Echokardiographie  
 L: O Diagnostik: Ergometrie  
 M: O Diagnostik: Langzeitblutdruckmessung  
 N: O Eingriff: Schrittmacherimplantation  
 O: X Eingriff: Kardioversion
- P: O Handling: Intensivstation  
 Q: X Handling: Überwachungsstation  
 R: O Handling: Normalstation  
 S: O Handling: Überweisung zum Hausarzt und Entlassung nach Hause  
 T: O Handling: Konsil bei anderer Fachdisziplin  
 U: O Handling: Entlassung nach Hause
- V: X Medikamente: Antikoagulation  
 W: O Medikamente: NSAR  
 X: O Medikamente: Lysetherapie  
 Y: X Medikamente: Heparinisierung  
 Z: X Medikamente: Amiodaron  
 a: O Medikamente:  $\beta$ -Blocker  
 b: O Medikamente: Ca<sup>2+</sup> Antagonisten  
 c: O Medikamente: Adrenalin  
 d: O Medikamente: Benzodiazepine  
 e: O Medikamente: Digitalisierung  
 f: O Medikamente: Antibiotika  
 g: O Medikamente: Kortikosteroide  
 h: O Medikamente: Opioide  
 i: X Medikamente: ACE-Hemmer  
 j: O Medikamente: Nitrate  
 k: O Medikamente: Diuretikum

### Antwortkommentar

Ein ausführlicheres inhaltliches Feedback gibt es 3 Karten weiter.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

### Karte 9: Feedback

#### Info Text

#### Feedbackteil:

Das weitere Vorgehen bei Frau Brunner sollte wie folgt aussehen.

Interventionen	weitere Diagnostik	Handhabung	Medikamente
O2-Gabe	Röntgen-Thorax: Lungenstauung?!	Überwachungsstation	Heparin bis zum Wirkeintritt der oralen Antikoagulation
Monitor	Echokardiographie: zur Beurteilung der EF und der Ventrikelfunktion TÖE: zum Ausschluss ein intrakardialen Thrombus vor der Kardioversion weitere Labordiagnostik: Nierenwerte!		Antikoagulation: Cumarintherapie  Medikamentöse Kardioversion: Amiodaron (da Herzinsuff.) Behandlung der Hypertonie: ACE-Hemmer

erst später: Langzeit RR  
 später: Ergometrie: nach  
 Medikamentöser Kardioversion

Allgemein unterscheidet man bei der Therapie von Vorhofflimmern **Frequenzkontrolle und Rhythmuskontrolle**. Keine der beiden Therapieoptionen hat gegenüber der anderen einen nachgewiesenen Benefit. Bei hämodynamischer Instabilität würde man sich für die akute Kardioversion entscheiden, ansonsten je nach Symptomatik und Therapieziel. Also entscheiden Sie sich bei Ihrer Patientin für die medikamentöse Kardioversion.

Die Frequenzkontrolle wird mit  $\beta$ -Blockern durchgeführt, hierbei ist abhängig vom CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc-Score eine Antikoagulation nötig (ab 2 Punkten).

Die Rhythmuskontrolle kann **Medikamentös mit Amiodaron (Cordarex) bei Herzinsuffizienz** oder elektrisch durchgeführt werden. Soll die Kardioversion sofort durchgeführt werden, ist noch eine TÖE zum Ausschluss eines Vorhofthrombus nötig. Wartet man 3 Wochen ab und führt dann erst eine Kardioversion durch, ist bei erfolgreicher Antikoagulation (INR 2,5) keine TÖE nötig.

*Karte 10: Ende*

*Info Text*

Vielen Dank, Sie haben nun den dritten Patientenfall komplett gelöst.  
 Bitte machen Sie nun mit Fall vier, dem letzten Fall weiter!

#### **10.1.4.EKG Lernfall 4**

Autor(en): Franziska Hasch  
 Institution(en): LMU

*Karte 1: Begrüßung*

*Info Text*

**Liebe Studierenden,**

**Herzlich Willkommen zum letzten Lernfall der EKG-Studie!**

**Fast geschafft ;-)**

Wir bitten Sie ein letztes Mal, alle Fragen **gewissenhaft und konzentriert** zu bearbeiten.

**Hinweis:**

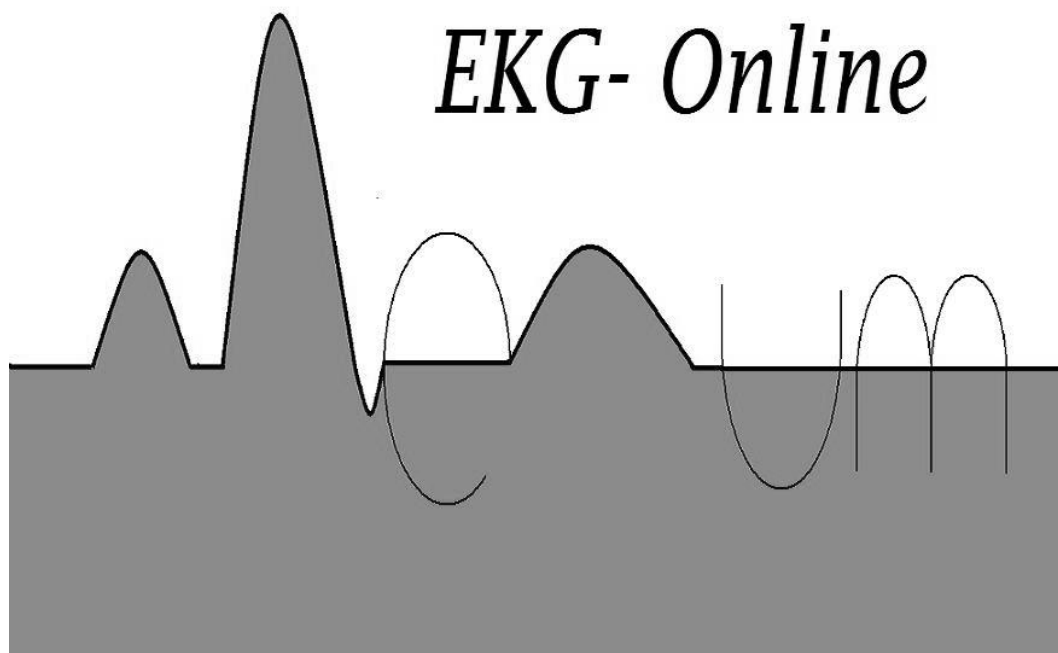
Sie können wieder jederzeit zu vorherigen Karten zurücknavigieren, beachten sie jedoch, dass dabei noch nicht abgeschickte Antworten gelöscht werden.

Nun wünschen wir Ihnen viel Spaß bei der Bearbeitung und hoffen, dass Sie etwas lernen!

Ihr Team der Medizindidaktik

*Multimedia auf Hauptkarte*






---

*Karte 2: Befund K1*

*Info Text*

**Fall 4:**

Der 77-Jährige Herr Karl wird von seinem Sohn in die Notaufnahme gebracht. 'Mein Vater bekommt seit gestern Abend so schlecht Luft, da habe ich ihn jetzt doch lieber hergebracht', berichtet Herr Karls Sohn. Sie haben einen deutlich adipösen Patienten vor sich, der sichtlich schwer atmet und sich an der Liege aufstützt. 'Hier, das sind seine Medikamente', berichtet der Sohn und drückt Ihnen zwei Päckchen in die Hand. Es handelt sich um einen  $\beta$ -Blocker und einen ACE-Hemmer.

Die eben gemessenen Vitalparameter sehen wie folgt aus:

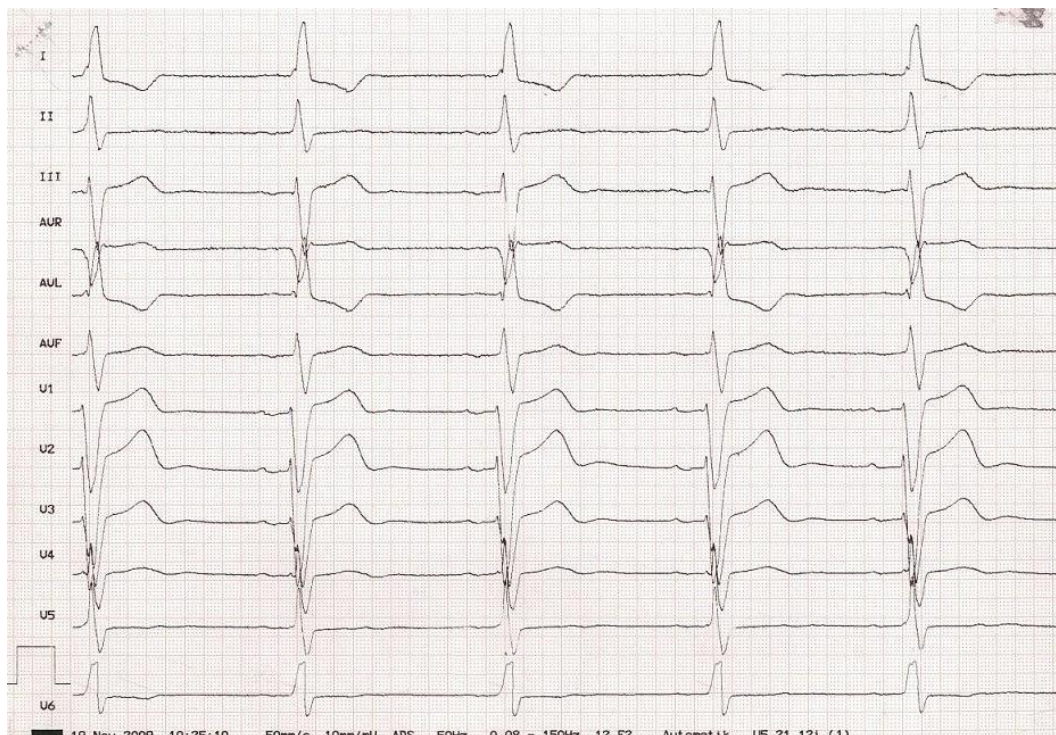
- HF: 55/ min
- RR: 140/80
- Temperatur: 36.8 °C

Gerade wollen sie ein EKG schreiben, da sagt der Sohn: 'Das brauchen Sie nicht machen, mein Vater war erst letzte Woche beim Hausarzt deswegen. Der hat gesagt im EKG ist alles ok, nur das Herz ist ein bisschen vergrößert'.

Sie schreiben trotzdem ein EKG:

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



### Frage

Nebenstehendes EKG stammt von Herrn Karl. Sie haben das gleiche EKG auch als Ausdruck vor sich. Sie sollen nun zunächst nur Aufgaben zur EKG-Vermessung lösen:

1. Bitte legen Sie sich jetzt den **EKG-Ausdruck 'EKG 4'** zurecht.
2. Nun **wählen** Sie bitte die zutreffenden Punkte aus der untenstehenden Liste **am Bildschirm** aus.
3. **Markieren** Sie nur diese von Ihnen gewählten Antworten bitte in Ihrem **EKG-Ausdruck** mit einem Stift. Kodieren Sie Ihre Markierungen mit dem entsprechenden Buchstaben aus der Liste unten! (z.B. "L" schreiben und die Struktur dazu einkringeln oder nachfahren)

### Hinweis:

Die nachfolgende Liste besteht aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

HF = Herzfrequenz, ERAS = Erregungsausbreitungsstörungen, ERBS =

Erregungsrückbildungsstörungen

Multiple Choice-Antwort:

- A: ☐ HF: > 100/min
- B: ☒ HF: 51-99/min
- C: ☐ HF: < 50/min
- D: ☒ Rhythmus: RR-Abstände regelmäßig
- E: ☐ Rhythmus: RR-Abstände unregelmäßig
- F: ☐ Rhythmus: P nicht positiv in I und II
- G: ☐ Rhythmus: kein P
- H: ☐ Rhythmus: Ausfall von Einzelschlägen
- I: ☐ Rhythmus: Zusätzliche Einzelschläge
- J: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in I positiv
- K: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in I negativ
- L: ☐ Lagetyp: Hauptvektor in III positiv
- M: ☒ Lagetyp: Hauptvektor in III negativ
- N: ☐ Intervalle: P > 0,11s
- O: ☐ Intervalle: PQ > 0,21 s
- P: ☒ Intervalle: QRS > 0,11s
- Q: ☐ Amplituden: P > 0,2 mV
- R: ☐ Amplituden: R in V2 + S in V5 > 1,05 mV

S: X Amplituden:  $R \text{ in } V5 + S \text{ in } V2 > 3,5 \text{ mV}$   
 T: O Amplituden:  $Q > 1/4 \text{ der Amplitude von R}$   
 U: O ERAS: R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu  
 V: O ERAS: R-Verlust  
 W: X ERAS: S in V6  
 X: X ERBS: ST-Hebung  $> 0,1 \text{ mV}$  in mindestens zwei benachbarten Ableitungen  
 Y: O ERBS: ST-Senkung  $> 0,1 \text{ mV}$  in mindestens zwei benachbarten Ableitungen  
 Z: X ERBS: T negativ in mindestens einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6  
 a: X ERBS: R-Verspätung (von Beginn R bis Beginn der endgültigen Negativität von R  $> 0,055 \text{ s}$  in V5/V6 bzw I/aVL oder  $> 0,03 \text{ s}$  in V1/V2)  
 b: O ERBS: RR' in V1

#### *Antwortkommentar*

**Bitte markieren Sie nachträglich nichts mehr auf ihrem EKG Ausdruck!!!**

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

#### *Karte 3: Feedback*

##### *Info Text*

##### **Feedbackteil**

Hier werden nun nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im **Skript** zum **Casus-EKG-Kurs**, den Sie im Vorfeld zuhause bearbeitet haben nach! Dieses finden Sie ausgeteilt auf Ihren Plätzen. Zur Veranschaulichung sehen Sie sich bitte auch das Bild auf der rechten Seite an!

##### **Amplituden:**

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4 mV und resultiert vor allem aus dem tiefen S in der Ableitung V2.

##### **ERAS:**

Sieht man eine R-Verspätung bei breitem QRS-Komplex in V5/V6 nicht, sollte man I und aVL betrachten!

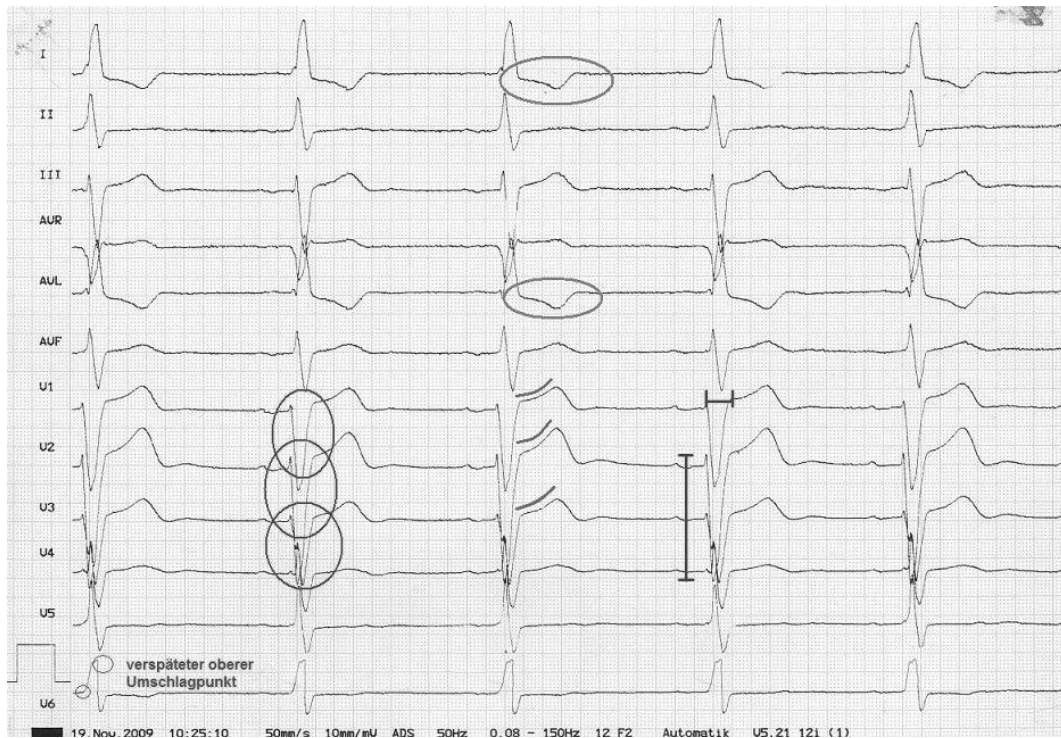
##### **ERBS:**

ST-Hebungen in III, aVR, V1-V3, T-Negativierungen in I und aVL

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

#### *Multimedia auf Hauptkarte*





#### Karte 4: Befund K2

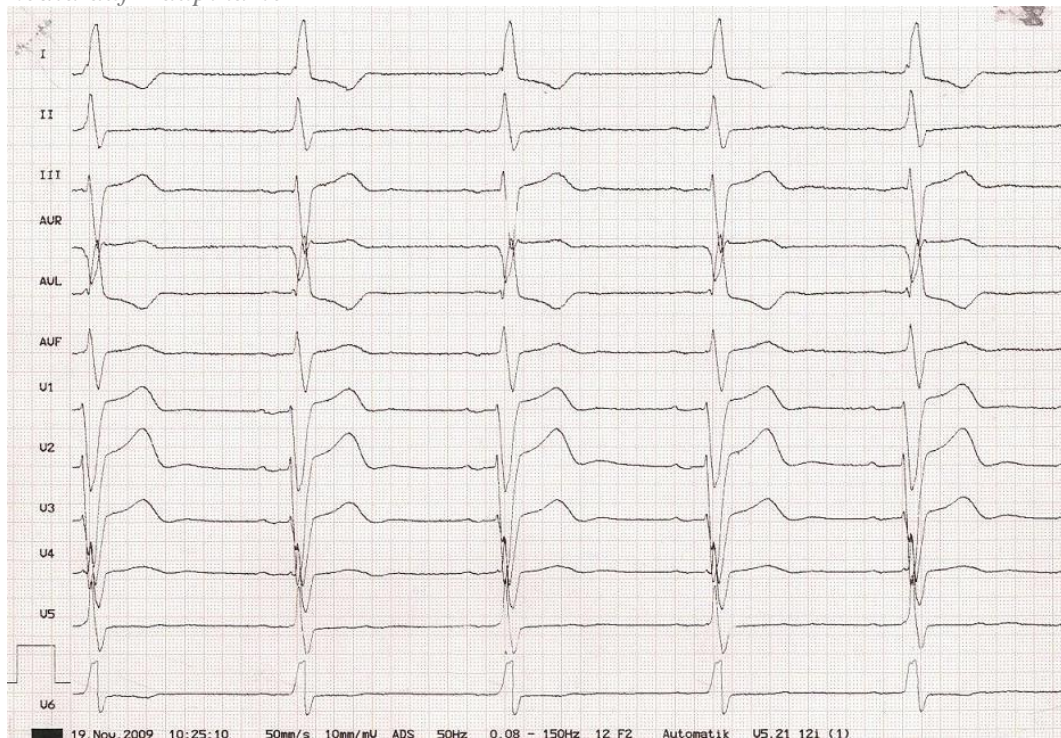
##### Info Text

##### Befund:

Bitte fassen Sie nun Ihre Erkenntnisse von gerade zu einem Befund zusammen!

Im EKG sieht man: HF ca. 55/min, I positiv, III negativ, R-Verspätung I und aVL, S in V6, pathologische R-Progression, positiver Sokolow-Index für den linken Ventrikel, ST-Hebungen und T-Negativierungen

##### Multimedia auf Hauptkarte



##### Frage

1. **Welche Befunde treffen zu?** (Da nicht ganz eindeutig, haben wir hier einen Lagetyp aus der Liste genommen)
2. **Begründen Sie Ihre Antwort dann zusätzlich im Freitextfeld neben der jeweils ausgewählten Antwort!**

**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht wieder aus **7 Kategorien**:

Herzfrequenz, Rhythmus, Lagetyp, Intervalle, Amplituden, ERAS, ERBS

Multiple Choice-Antwort:

A: X HF: Normokardie

B: O HF: Tachykardie

C: O HF: Bradykardie

D: X Rhythmus: Sinusrhythmus

E: O Rhythmus: ektop atrialer Rhythmus

F: O Rhythmus: AV-junktionaler Rhythmus

G: O Rhythmus: ventrikulärer Rhythmus

H: O Rhythmus: Vorhofflimmern

I: O Rhythmus: Vorhofflattern

J: O Rhythmus: Supraventrikuläre Extrasystole

K: O Rhythmus: Ventrikuläre Extrasystole

L: O Rhythmus: AV-Block 3. Grades

M: O Rhythmus: AV-Block 2. Grades

N: O Rhythmus: Kammerflimmern

O: O Rhythmus: Asystolie

P: O Lagetyp: Indifferenztyp

Q: O Lagetyp: Steiltyp

R: O Lagetyp: Rechtstyp

S: X Lagetyp: Linkstyp/überdrehter Linkstyp

T: O Lagetyp: überdrehter Rechtstyp

U: O Lagetyp: Sagittaltyp

V: O Intervalle: P sinistriaale

W: O Intervalle: AV-Block 1. Grades

X: O Intervalle: Long QT

Y: X Intervalle: Linksschenkelblock vollständig

Z: O Intervalle: Rechtsschenkelblock vollständig

a: O Intervalle: Rechtschenkelblock unvollständig

b: O Amplituden: Rechtsventrikuläre Hypertrophie

c: X Amplituden: Linksventrikuläre Hypertrophie

d: O Amplituden: P dextroatriale

e: O ERAS: Zeichen für eine Rechtsherzbelastung

f: O ERAS/ERBS: Zeichen eines alten Infarktes

g: O ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand

h: O ERBS: Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand

i: X ERBS: Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese (z.B. entzündlich, Herzwandaneurysma und anderes)

*Antwortkommentar*

Der Lagetyp liegt zwischen Linkstyp und überdrehtem Linkstyp, zur Vereinfachung ist hier nur eine Möglichkeit genannt.

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

#### Karte 5: Feedback

##### Info Text

##### Feedbackteil

Hier werden nur Besonderheiten und eventuelle Schwierigkeiten besprochen. Für grundlegendere Fragen lesen Sie bitte im Skript zum Casus-EKG-Kurs nach!

##### Amplituden:

Der Sokolow-Index für den linken Ventrikel ist ca. 4mV und damit erhöht. Dies spricht für eine linksventrikuläre Hypertrophie. Dieser Rückschluss ist bei einigen Autoren umstritten, wenn gleichzeitig ein Linksschenkelblock vorliegt (selbige Beziehung ist beim Rechtsschenkelblock übrigens sicherer). Trotzdem ist die extrem tiefe S-Zacke in V2 (ca. 3 mV) ein deutlicher Hinweis auf eine linksventrikuläre Hypertrophie.

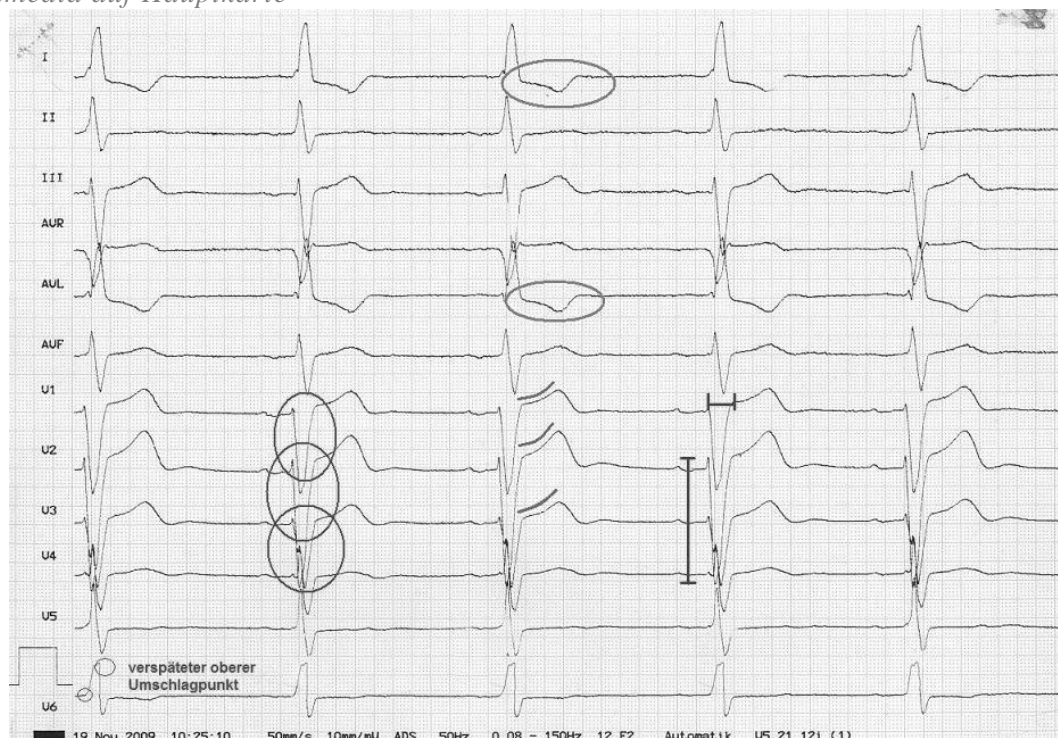
##### ERBS:

Die ERBS sind hier Schenkelblockbedingt, können aber eine frische Myokardischämie maskieren.

Sollte Ihnen eben gegebenes Feedback nicht reichen, empfiehlt es sich, im Skript nachzuschlagen!

**Bevor Sie weitermachen, sollte Ihnen der Befunde in diesem EKG klar sein!**

#### Multimedia auf Hauptkarte



#### Karte 6: Befund K3

##### Info Text

##### Differentialdiagnosen:

Nun sollen Sie über mögliche Differentialdiagnosen nachdenken.

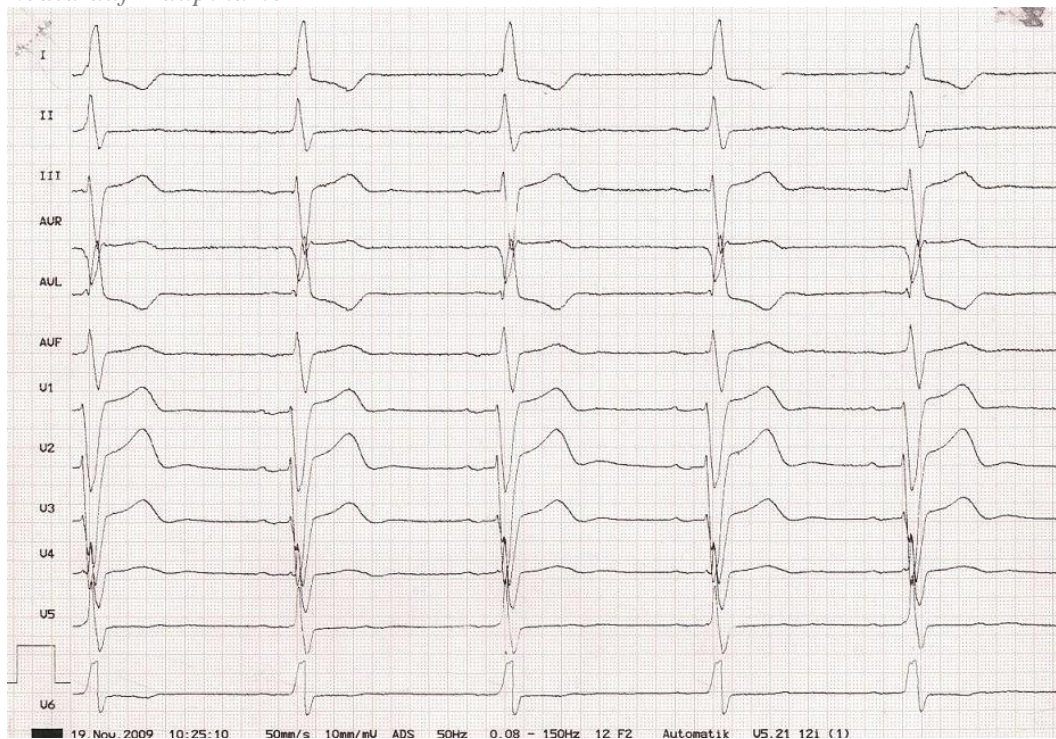
Zur Erinnerung die Fallvignette:

- 77-jähriger Patient mit Ruhedyspnoe, adipös, Hypertonus
- HF: ca. 55/min
- RR: 140/80
- Temperatur: 36,8 °C
- EKG: Sinusrhythmus, neuer Linksschenkelblock



Bei der körperlichen Untersuchung sind Sie zu folgendem Ergebnis gekommen: Adipöser Patient in schlechtem AZ wegen Dyspnoe. Über der Lunge basal feine Rasselgeräusche. Beinödeme. Pulsstatus o.B. Neurologie o.B. Keine pathologischen Herzgeräusche. Abdomen: mehrere Narben bei Z.n. Hemikolektomie vor 5 Jahren.

### Multimedia auf Hauptkarte



### Frage

Wenn Sie nun das eben befundete EKG und die Klinik des Patienten zusammen nehmen, wie lautet Ihre **Arbeitsdiagnose**?

Hier finden Sie eine Auswahl an Verdachtsdiagnosen.

1. Bitte wählen Sie nun die **drei passendsten/wichtigsten Verdachtsdiagnose aus der Liste aus**.
2. **Begründen Sie** Ihre Antwort wiederum im Freitextfeld daneben!

Multiple Choice-Antwort:

- A: ☐ Anämie
- B: ☐ Aneurysma dissecans
- C: ☐ Angina pectoris
- D: ☐ Akutes Abdomen
- E: ☐ Akutes Cor pulmonale / Lungenembolie
- F: ☐ AV-Block höheren Grades
- G: ☐ Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
- H: ☐ Elektrolytstörungen
- I: ☐ Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
- J: ☐ Kardiomyopathie
- K: ☐ Kammerflimmern
- L: ☐ Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
- M: ☐ Klappenvitien und andere Herzfehler
- N: ☒ Herzinsuffizienz
- O: ☐ Herzneurose
- P: ☐ Herzwandaneurysma
- Q: ☒ Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
- R: ☐ Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
- S: ☐ Muskuloskelettaler Brustschmerz

T: O Myokardinfarkt, alt  
 U: X Myokardinfarkt, frisch  
 V: O Obstruktion der oberen Luftwege  
 W: O Perikarderguss  
 X: O Pneumothorax  
 Y: O Präexcitationssyndrom  
 Z: O Psychogene Dyspnoe  
 a: O Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall  
 b: O Ventrikuläre Tachykardie  
 c: O Vorhofflattern  
 d: O Vorhofflimmern, neu aufgetreten  
 e: O Vorhofflimmern, permanent

---

#### Antwortkommentar

Die beiden wichtigsten DD sind sicher **frischer Infarkt** sowie **Druckbelastung des Herzens**.  
**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

---

#### Karte 7: Feedback

##### Info Text

##### Feedbackteil:

##### Arbeitsdiagnose(n):

-**Hypertonus** mit Druckbelastung des Herzens und Herzinsuffizienz  
 -**Myokardinfarkt**, da neu aufgetretener Linksschenkelblock (gleichwertig mit STEMI)

Bei akuter Dyspnoe sollten Sie abhängig vom jeweiligen Patienten unter anderem folgende Differentialdiagnosen bedenken!

-Myokardinfarkt	-Asthma
-Herzinsuffizienz	-COPD
-Perikarditis	-Anämie
-Lungenembolie	-Malignome
-Pericarderguss	-Pneumonie und TBC
-Klappenvitien	-Thymom
-Herzrhythmusstörungen	-Pleuraerguss
-Kardiomyopathien	-Psychogene Luftnot

Das Leitsymptom Dyspnoe in der Kombination mit dem neu aufgetretenen Linksschenkelblock und den Rasselgeräuschen über der Lunge sprechen für eine Herzinsuffizienz, wahrscheinlich nach längerem Hypertonus. Der neu aufgetretene Linksschenkelblock hat dabei zu einer deutlichen Verschlechterung des Patienten geführt. (Grund dafür könnte sein, dass die beiden Ventrikel wegen des Blockbilds nicht mehr ganz synchron schlagen). Dennoch müssen Sie einen Myokardinfarkt unbedingt ausschließen.

---

#### Karte 8: Befund K4

##### Info Text

##### Weiteres Vorgehen:

Als Sie auf das Labor warten, fällt Ihnen auf, dass Sie dieses noch gar nicht abgenommen haben. Das holen Sie jetzt nach und lassen zusätzlich zu den Standardwerten auch D-Dimere und Infarktmarker bestimmen. Als Sie die Ergebnisse erhalten, sind diese komplett unauffällig. Da der Symptombeginn Ihres Patienten nun einen halben Tag zurückliegt, schließen Sie einen akuten Herzinfarkt aus.

---

##### Frage

1. Welche **Schritte** sind **unmittelbar als nächstes** nötig?
2. **Begründen** Sie dieses dann **wiederum im Kästchen daneben**.



**Hinweis:**

Die nachfolgende Liste besteht aus 4 Kategorien:

Versorgung des Patienten, weitere Diagnostik/Eingriffe, Patientenhandling, Medikamente

Multiple Choice-Antwort:

A: X Versorgung: O2 Nasensonde

B: O Versorgung: Narkose und Intubation

C: O Versorgung: Defibrillation

D: X Versorgung: Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy

E: O Versorgung: Zentralvenöser Zugang

F: X Diagnostik: Bildgebung: Röntgen Thorax

G: O Diagnostik: Bildgebung: CT Thorax

H: O Diagnostik: Bildgebung: CT-Angiographie Thorax

I: O Diagnostik: Blutgasanalyse

J: O Diagnostik/Eingriff: Herzkatheteruntersuchung mit evtl. Stentimplantation innerhalb der nächsten 90 Minuten

K: O Diagnostik: weitere Labordiagnostik

L: X Diagnostik: Echokardiographie

M: O Diagnostik: Ergometrie

N: O Diagnostik: Langzeitblutdruckmessung

O: X Eingriff: Schrittmacherimplantation

P: O Eingriff: Kardioversion

Q: O Handling: Intensivstation

R: X Handling: Überwachungsstation

S: O Handling: Normalstation

T: O Handling: Überweisung zum Hausarzt und Entlassung nach Hause

U: O Handling: Konsil bei anderer Fachdisziplin

V: O Handling: Entlassung nach Hause

W: O Medikamente: Antikoagulation

X: O Medikamente: NSAR

Y: O Medikamente: Lysetherapie

Z: O Medikamente: Heparinisierung

a: O Medikamente: Amiodaron

b: O Medikamente:  $\beta$ -Blocker

c: O Medikamente: Ca 2+ Antagonisten

d: O Medikamente: Adrenalin

e: O Medikamente: Benzodiazepine

f: O Medikamente: Digitalisierung

g: O Medikamente: Antibiotika

h: O Medikamente: Kortikosteroide

i: O Medikamente: Opioide

j: X Medikamente: ACE-Hemmer

k: O Medikamente: Nitrate

l: X Medikamente: Diuretikum

*Antwortkommentar*

**Bitte sehen Sie sich die korrekte Lösung an und vergleichen Sie diese mit Ihrer Lösung!**

*Karte 9: Feedback*

*Info Text*

**Feedbackteil:**

Das weitere Vorgehen bei Herrn Karl sollte wie folgt aussehen.

Interventionen	weitere Diagnostik	Handhabung	Therapie
O2-Gabe	Röntgen-Thorax: Lungenstauung?!	Überwachungsstation	Einstellung des Hypertonus: ACE-Hemmer und Diuretikum (für Hypertoniker mit Herzinsuffizienz!)
Monitor	Echokardiographie: zur Beurteilung der EF und der Ventrikelfunktion		Implantation eines speziellen Schrittmachers bei deutlich verschlechterter Pumpfunktion und NYHA II: Zur Synchronisation der beiden Ventrikel (CRT-D oder CRT-P)
	im Verlauf: Langzeit RR		

---

*Karte 10: Ende*

*Info Text*

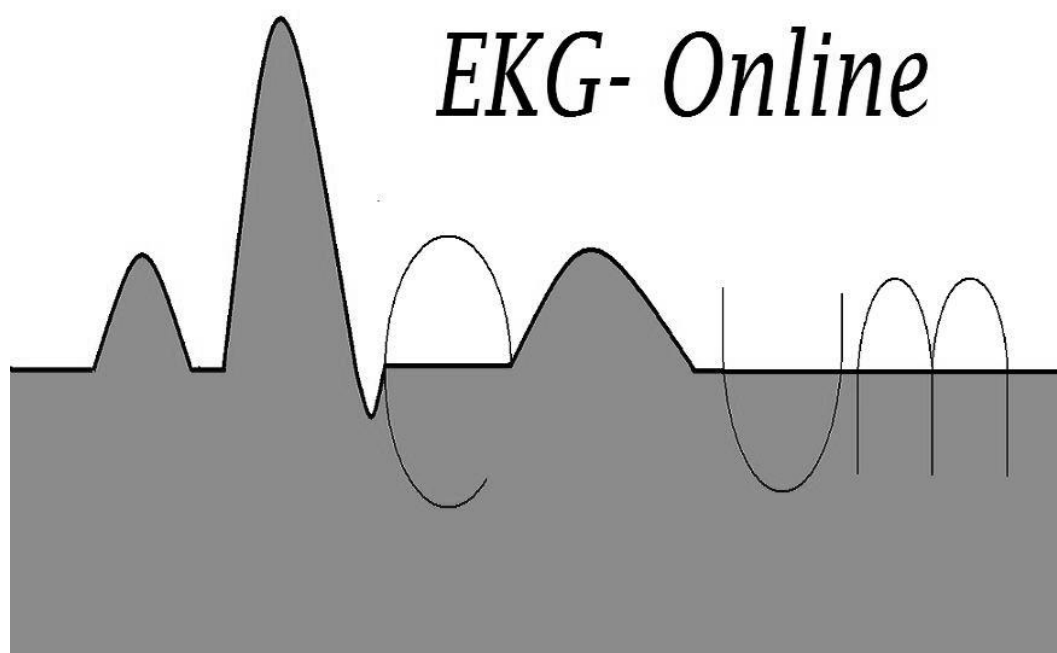
Vielen Dank!

Sie haben nun alle Lernfälle bearbeitet! Wir hoffen Sie haben dabei etwas gelernt!

**Bitte melden Sie sich jetzt mit Handzeichen,** Sie bekommen noch einen kurzen Fragebogen von uns ausgeteilt, den Sie bitte ausfüllen und dort oben drauf schreiben, wie lange Sie dafür gebraucht haben.

---

*Multimedia auf Hauptkarte*



## 10.2. Lange Antwortlisten aus Studie nach Hasch

Lange Antwortliste von Kompetenzniveau 1	
Kategorien bei der Befundung	Normwerte und Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	> 100/min
	50-100/min
	< 50/min
Rhythmus	RR-Abstände regelmäßig
	RR-Abstände unregelmäßig
	P nicht positiv in I und II
	kein P
	Ausfall von Einzelschlägen
	Zusätzliche Einzelschläge
Lagetyp	Hauptvektor in I positiv
	Hauptvektor in I negativ
	Hauptvektor in II positiv
	Hauptvektor in II negativ
	Hauptvektor in III positiv
	Hauptvektor in III negativ
Intervalle	P > 0,11s
	PQ > 0,21 s
	QRS > 0,11s
Amplituden	P > 0,2 mV
	R in V2 + S in V5 > 1,05 mV
	R in V5 + S in V2 > 3,5 mV
	Q > 1/4 der Amplitude von R
Erregungsausbreitung	R-Amplituden nimmt von V1 - V6 zu
	R-Verlust
	S in V6
Erregungsrückbildung	ST-Hebung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	ST-Senkung > 0,1 mV in mindestens zwei benachbarten Ableitungen
	T negativ in mind. einer der Ableitungen I, II, aVF, aVL oder V3-V6
	R-Verspätung
	RR' in V1

**Tabelle 30: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 1 [82]**

<b>Lange Antwortliste von Kompetenzniveau 2</b>	
Kategorien bei der Befundung	Antwortmöglichkeiten
Herzfrequenz	Normokardie
	Tachykardie
	Bradykardie
Rhythmus	Sinusrhythmus
	ektop atrialer Rhythmus
	AV-junktionaler Rhythmus
	ventrikulärer Rhythmus
	Vorhofflimmern
	Vorhofflattern
	Supraventrikuläre Extrasystole
	Ventrikuläre Extrasystole
	AV-Block 3. Grades
	AV-Block 2. Grades
	Kammerflimmern
	Asystolie
Lagetyp	Indifferenztyp
	Steiltyp
	Rechtstyp
	überdrehter Rechtstyp
	Linkstyp
	überdrehter Linkstyp
	Sagittaltyp
Intervalle	P sinistrotoriale
	AV-Block 1. Grades
	Long QT
	Linksschenkelblock vollständig
	Linksschenkelblock unvollständig
	Rechtsschenkelblock vollständig
	Rechtschenkelblock unvollständig
Amplituden	Rechtsventrikuläre Hypertrophie
	Linksventrikuläre Hypertrophie
	P dextrotoriale
Erregungsausbreitung & Erregungsrückbildung	Zeichen für eine Rechtsherzbelastung
	Zeichen eines alten Infarktes
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Vorderwand
	Zeichen für eine frische Myokardischämie der Hinterwand
	Zeichen eines Myokardschadens anderer Genese

Tabelle 31: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 2 [82]

<b>Lange Antwortliste von Kompetenzniveau 3</b>
Mögliche Arbeits- und Differentialdiagnosen
Anämie
Aneurysma dissecans
Angina pectoris
Akutes Abdomen
Akutes Cor pulmonale/Lungenembolie
AV-Block höheren Grades
Chronisches Cor pulmonale COPD/Asthma
Elektrolytstörungen
Entzündliche Herzerkrankungen: Perikarditis/Myokarditis
Kardiomyopathie
Kammerflimmern
Klappenvitien mit Volumenbelastung des Herzens
Klappenvitien und andere Herzfehler
Herzinsuffizienz
Herzneurose
Herzwandaneurysma
Hypertonus mit Druckbelastung des Herzens
Lungenödem
Medikamentenbedingte EKG-Veränderungen
Muskuloskelettaler Brustschmerz
Myokardinfarkt, alt
Myokardinfarkt, frisch
Obstruktion der oberen Luftwege
Perikarderguss
Pneumothorax
Präexcitationssyndrom
Psychogene Dyspnoe
Rechtsherzbelastungszeichen bei Asthmaanfall
Ventrikuläre Tachykardie
Vorhofflattern
Vorhofflimmern, neu aufgetreten
Vorhofflimmern, permanent

**Tabelle 32: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 3 [82]**

<b>Lange Antwortliste von Kompetenzniveau 4</b>	
Kategorien des weiteren Prozederes	Möglichkeiten der Handhabung
Versorgung	O2 Nasensonde
	Narkose und Intubation
	Defibrillation
	Überwachungsmonitor: EKG, RR, Pulsoxy
	Zentralvenöser Zugang
Diagnostik & Eingriff	Bildgebung: Röntgen Thorax
	Bildgebung: CT Thorax
	Bildgebung: CT-Angiographie Thorax
	Blutgasanalyse
	weitere Labordiagnostik
	Echokardiographie
	Ergometrie
	Langzeitblutdruckmessung
	Herzkatheteruntersuchung
	Schrittmacherimplantation
Handling	Kardioversion
	Intensivstation
	Überwachungsstation
	Normalstation
	Überweisung zum Hausarzt & Entlassung nach Hause
	Konsil bei anderer Fachdisziplin
Medikamente	Entlassung nach Hause
	Cumarine
	Nichtsteroidales Antirheumatikum
	Fibrinolytika
	Heparin
	Amiodaron
	Betablocker
	Calcium-Antagonisten
	Adrenalin
	Benzodiazepine
	Digitalisglykosid
	Antibiotika
	Kortikosteroide
	Opioide
	ACE-Hemmer
	Nitrate
	Diuretikum

Tabelle 33: Lange Antwortliste Kompetenzniveau 4 [82]

## ***10. Eidesstattliche Versicherung***

Schwehr geb. Hasch, Katharina Anna

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Klassifizierung und Analyse von Fehlern bei der EKG-Beschreibung, Befundung und Interpretation

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 08.03.2018

Ort, Datum

Katharina Schwehr, geb. Hasch